

Vorträge

über

Heizung und Ventilation in Unterrichts-Anstalten,

gehalten im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine, in den Versammlungen für Architektur und Hochbau am 14. Februar und 11. April 1878

von

Friedrich Paul,

Ober-Ingenieur des Wiener Stadtbauamtes.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 25, 26, 27, 28, 29 und 30.)

(Schluss.)

IV. Die Warmwasserheizung.

Der Heizapparat dieses Systems besteht aus einem Kessel, in welchem das darin enthaltene Wasser erhitzt wird.

Vom Kessel, welcher in der Regel im Keller aufgestellt wird, steigt ein Hauptrohr durch alle Stockwerke auf, und mündet in die Bodenöffnung des gewöhnlich im Dachbodenraume aufgestellten Reservoirs ein.

Hiernach steht der Kessel unter einem Drucke, welcher der Höhe einer Wassersäule entspricht, die bis zum Wasserspiegel des Reservoirs reicht.

Vom Reservoir, oder auch unmittelbar vom einmündenden Steigrohr zweigen die Vertheilungsrohre ab, welche über dem Dachboden rings herum nach den Punkten geführt werden, von denen die Fallrohre nach abwärts zu den Heizkörpern führen. Man wählt diese Punkte gewöhnlich so, dass jene Fallrohre in die Ecken der Locale kommen.

Von den Fallrohren zweigen wieder in den einzelnen Localen die Rohre ab, welche die in den Localen aufgestellten Heizkörper mit heissem Wasser zu speisen haben.

Diese Speiserohre münden am oberen Ende der Heizkörper ein, wogegen am unteren Ende derselben die Rückleitungen abgezweigt werden.

Diese Rückleitungen, welche schon ein ziemlich abgekühltes Wasser enthalten, werden aber nicht in das betreffende Fallrohr eingemündet, sondern in ein abgesondertes senkrechtes Rücklaufrohr, das gewöhnlich seinen Platz neben dem Fallrohre erhält. Das Rücklaufrohr leistet daher die Dienste eines Aufsammlungsrohres für das Wasser, welches seine überschüssige Wärme zur Beheizung bereits abgegeben hat, und nun wieder behufs abermaliger Erhitzung in den Kessel zurückströmen muss.

Wie auf solche Weise die Heizung vor sich geht, ist leicht einzusehen. Das abgekühlte und somit specifisch schwerere Wasser fällt in den Kessel herab und verdrängt das erhitzte Wasser, welches dadurch bis zum höchsten Punkte, nämlich bis zum Reservoir aufsteigen muss, von wo es wieder seinen Weg nach abwärts antreten muss. Somit erhalten die Röhren und Heizkörper, durch welche das Wasser zu circuliren gezwungen ist, einen fortwährenden Zulauf von warmem Wasser und geben dadurch permanent Wärme an die Locale ab.

Weil das am oberen Ende befindliche Reservoir offen ist, kann sich das Wasser im ganzen System ohne Hinderniss ausdehnen, und kann daher kein Ueberspannen eines Rohres vorkommen.

Das Vorhandensein des erwähnten offenen Reservoirs gibt der ganzen Anlage den Charakter und begrenzt deren Leistungsfähigkeit; denn das Wasser im Kessel darf nicht bis zur Siedetemperatur, sondern höchstens bis 95° C. erhitzt werden,

indem eine Dampfbildung in Folge höherer Temperatur sofort ein Aufwallen und Ueberlaufen des Wassers im Reservoir verursachen würde. An eine Forcierung der Warmwasserheizung bei ausnehmender Kälte ist daher nicht zu denken, und müsste im Bedarfsfalle demnach anhaltender als gewöhnlich geheizt werden.

Die besagte geringe Temperatur erfordert grosse Heizflächen, um den nöthigen Effect hervorbringen zu können; grosse Heizflächen erfordern wieder grosse Röhrendurchmesser und umfangreichere Heizkörper und die Folge von allen dem ist schliesslich ein grosses kubisches Mass der Röhren und Heizkörper, also ein grosses Wasserquantum.

Die Warmwasserheizung der Doppelschule V., Grüngasse, aus zwei Systemen bestehend, hat für jedes der beiden Systeme zwei röhrenförmige, liegende Kessel mit 6.6^m Länge und 0.4^m Durchmesser. Die Steigrohre haben 0.09 und 0.13^m Durchmesser ebenso auch die Fallrohre. Die Vertheilungsrohre am Dachboden haben 0.08^m Durchmesser.

Die kurzen Abzweigungen vom Fallrohre zu den Heizkörpern und von diesen in die Rückführungsrohre haben 3.5 bis 4.5^{cm} Durchmesser.

Die Heizkörper bestehen aus Wasseröfen, die eine Höhe von 1.7^m und einen Durchmesser von 0.37^m haben und der Höhe nach von Circulationsröhren durchzogen sind, die eine Weite von 3.5^{cm} besitzen.

Beide Systeme fassen zusammen ein Wasserquantum von beiläufig 12^{kbm}. Auf ein Lehrzimmer entfallen circa 12^{□m} Heizfläche. Diese Schule enthält 20 Lehrzimmer und 2 Zeichensäle.

Dass ein Wasserquantum von etwa 12^{kbm} nicht schnell anzuheizen ist, und wenn es einmal Wärme aufgenommen hat, nicht so bald wieder abzukühlen ist, leuchtet ein. Die Functionirung einer solchen Heizung gleicht der ruhigen gleichförmigen Kraftäusserung eines Schwungrads.

Diese Eigenschaft ist aber für Schulbeheizungen nicht vorthellhaft, indem es sich hier zumeist nur um kurzdauernde Heizungen, wie es die Unterrichtsstunden verlangen, handelt, und theilweise, namentlich in höheren Lehranstalten, sind diese Heizungen oft sehr unregelmässig.

Für Schulen sind daher solche Heizsysteme, die sich leicht und schnell forciren und dämpfen lassen, ungleich besser geeignet. Die Warmwasserheizung entspricht aber ihrer erwähnten Eigenthümlichkeit zufolge vorzugsweise den Anforderungen einer permanenten Heizung, wie es z. B. in Krankenhäusern gefordert wird.

Das Warmwassersystem, wie ich es hier geschildert habe, stellt dasselbe in seiner ursprünglichen Idee dar.

Will man aber dieses System für eine unterbrochene Heizung geeigneter gestalten, so verliert es mehr und mehr seinen ursprünglichen Charakter, und nähert sich der Heisswasserheizung.

Man kann nämlich anstatt der geräumigen Kessel solche construiren, die aus einem Röhrensysteme bestehen, um das Wasserquantum zu verkleinern, wodurch die Anheizung rascher vor sich geht und auch die gesammte Heizung etwas lenksamer wird.

Sobald man jedoch eine derart lenksamere Heizung benötigt, ist es gleichwohl besser zum Heisswassersysteme zu greifen, welches in dieser Hinsicht weit besser entspricht.

Das Wasser kehrt mit einer Temperatur von etwa 35° C. in die Kessel zurück, wonach die Temperatur-Differenz des aufsteigenden und rückkehrenden Wassers circa 60° C. erreicht.

Ich muss hier im Allgemeinen bezüglich der Centralheizungen bemerken, dass man bei sachgemässer Herstellung mit jedem Systeme einen ausgezeichneten ökonomischen Effect erreichen kann, weil jedes derselben es zulässt, die aus dem Feuer sich entwickelnde Wärmemenge in dem Grade aufzunehmen, dass die Gase mit einer verhältnissmässig geringen Temperatur in den Schornstein abziehen.

Wenn es aber dennoch vorkommt, dass gut construirte verschiedene Systeme erheblich differirende ökonomische Effecte bei ihrer Anwendung auf Schulen geben, so hat dies seinen Grund darin, dass speciell für die unterbrochene Schulbeheizung nicht jedes System, wenn es auch vorzüglich construiert ist, in gleichem Grade passend ist. So z. B. wird die für permanente Heizung sich eignende Warmwasserheizung ein minder günstiges Resultat ergeben, wenn sie für unterbrochene Heizung angewendet wird. Denn in den Zwischenpausen der einzelnen Heizabschnitte, in welchen die Wärmeentwicklung sich nicht entsprechend zurückhalten lässt, finden unvermeidliche Wärmeverluste statt.

Im Weiteren kann ich bezüglich der Anwendbarkeit dieses Systems für Unterrichtsanstalten Folgendes mittheilen: (Ich befolge hiebei eine Aneinanderreihung der Für und Wider, conform mit den aufgezählten Eigenschaften der Ofenheizung, und können daher die mit *a, b, c* . . . bezeichneten Punkte auf einander bezogen werden.)

- a) Ein für Sitzplätze benützbarer Platz geht zwar in den Lehrzimmern nicht verloren, wenn den Heizkörpern die entsprechenden Standpunkte angewiesen werden, daher auch die bei Ofenheizungen berechnete Entwerthung, per Maximum 12.000 fl., hier nicht in Betracht kommt. Da aber eine Warmwasserheizung für eine Schule von angenommener Grösse mit Ventilations-Einrichtung auf circa 32.500 fl. zu stehen kommt, so sind die Mehrkosten gegen eine Ofenheizung, d. i. gegen fl. 9800 bis fl. 11.000, oder wenn der mögliche Platzentgang in Rechnung gezogen wird, gegen fl. 21.800 bis 23.000 immer noch bedeutend.

Bezüglich der Herstellungskosten stellen sich daher die Warmwasserheizungen, ungeachtet durch dieselben kein Entgang von Sitzplätzen entsteht, doch noch als sehr theuer im Vergleiche zu Ofenheizungen heraus.

- b) Die gleichzeitige und gleichförmige Erwärmung der Localitäten lässt sich annehmbar erreichen. Die zu diesem Zwecke erforderliche Regulirung der Circulation lässt sich durch entsprechende Stellung der Regulir- und Absperrhähne erzielen, die an den verschiedenen Leitungsrohren und an den Ein- und Ausmündungen der Wasseröfen angebracht werden. Es kommen daher einzelne bedeutende Unregelmässigkeiten wie bei Ofenheizungen nicht vor.
- c) Die Warmwasserheizung hat überhaupt, im Ganzen genommen, einen ungleich geregelteren Gang als die Ofenheizung, und es kann zudem noch von einem Centrale, nämlich vom Heizapparate aus, bis auf einen gewissen Grad auch während der Unterrichtszeit die Circulation des Wassers, und somit die Intensität der Heizung begünstigt oder

vermindert werden, und zwar durch Regulirung des Feuers. Für das Mass dieser Regulirung hat der Heizer einen beiläufigen Anhaltspunct, indem er aus der Temperatur der Rücklaufrohre nach einiger Erfahrung auf die durchschnittliche Temperatur der Locale schliessen kann.

Es wird daher, insofern nicht etwa locale Zufälligkeiten eintreten, sich nicht die Nothwendigkeit herausstellen, an den Wasseröfen während der Unterrichtszeit nachreguliren zu müssen. In dieser Hinsicht ist daher die Wasserheizung im wesentlichen Vortheile vor Ofenheizungen.

- d) Da man aber, wie schon früher gesagt, die Wärmeentwicklung der Apparate nicht plötzlich einstellen kann, so ist man immerhin den Unannehmlichkeiten ausgesetzt, welche entstehen, wenn die Aussentemperatur plötzlich steigen oder Sonnenschein in einzelne Locale eindringen sollte. In solchen Fällen muss man sich die Temperatursteigerung in den betreffenden Lehrzimmern gefallen lassen, und sich mit der Dämpfung begnügen, die sich durch Absperrn der Hähne erreichen lässt, die an den Zuflussrohren der Wasseröfen angebracht sind.
- e) Die lästigen Wärmeausstrahlungen entfallen, weil die Heizflächen der Wasseröfen nur eine mässige Temperatur haben, und überdies diese Oefen oder eventuell die sogenannten Register (die gerippten Heizkörper) derart mit Umhüllungen versehen werden können, dass die Schüler, selbst von der besagten gemilderten Strahlung nicht getroffen werden.
- f) Soll die Anheizung auch bei sehr niedriger Aussentemperatur ohne Zuhilfenahme einer Circulation der Zimmerluft, nämlich blos mit Ventilation erfolgen, so reicht man mit dem obigen Herstellungsbetrage nicht aus; denn es müsste noch eine Vergrösserung der Heizflächen erfolgen. Eine solche Heizanlage würde sich daher sehr kostspielig gestalten.

In der gewöhnlichen Herstellungsweise besitzt dieselbe daher den Uebelstand der Staubbirculation, doch ist dieser Uebelstand im Vergleiche zu Ofenheizungen gemildert, weil der stauberzeugende Kohlen- und Aschenstaub entfällt, und weil die Heizflächen der Wasseröfen nur eine geringe Temperatur haben, welche kein Staubverbrennen verursacht.

- g) Doch ist es in sanitärer Hinsicht nicht erbaulich, wenn die Erwärmung dadurch geschieht, dass die vorhandene Zimmerluft und mit ihr der Zimmerstaub so lange in eine permanente, die Oefen bestreichende Rundbewegung versetzt werden, bis der Unterricht beginnt und erst dann von der Ventilation Gebrauch gemacht werden darf.
- h) Die Verunreinigungen der Stiegen, Gänge und Lehrzimmer durch den Kohlen- und Aschenstaub, wie solche bei den Oefen vorkommen, entfallen gänzlich.
- i) Der ökonomische Effect der Warmwasserheizung wird gemindert aus dem schon früher erörterten Grunde, weil nämlich für Schulen die Heizung eine unterbrochene ist und daher in den Zwischenpausen mehr Wärme verloren geht, als bei anderen, schneller absperrbaren Systemen, und weil ferner bei kalter Zeit auch Abends nachgeheizt werden muss, um die Leitungen und Oefen vor dem Einfrieren zu schützen;

endlich, weil aus gleichem Grunde das Wasser in dem Systeme bei herrschender Kälte auch an den Ferialtagen durch mässiges Nachheizen vor dem Einfrieren bewahrt werden muss. Je grösser übrigens die in den Kesseln und Röhren vorhandene Wasserquantität ist, in desto minderem Grade ist ein solches Nachheizen erforderlich, weil eine grosse Wasserquantität ein grosses Wärmereservoir bildet.

Dieses Nachheizen ist eine negative Eigenschaft des Wasserheizsystems gegen Ofenheizungen.

- k) Die Bedienung der Warmwasserheizung wäre eine einfache und es bedarf auch, wenn einmal die Temperatur erreicht ist, nur in längeren Zwischenräumen einer Nachfeuerung oder einer Feuerregulirung. Dagegen ist aber die Zeit der Anheizung eine beträchtliche, nämlich circa 4 Stunden und in sehr kalten Tagen sogar 5 Stunden. Durch Kessel aus Röhrensystemen bestehend, mit einem Minimum von Wasserinhalt, wird die Anheizzeit etwas kleiner.

Im Ganzen genommen ist daher zu entnehmen, dass mit der Warmwasserheizung zwar viele Uebelstände, welche die Ofenheizungen für Schulen aufweisen, beseitigt werden, dass aber dieses System aus den angeführten mannigfachen Ursachen für Schulszwecke doch nicht das richtige ist, und dass die Vortheile, welche im Vergleiche zu Ofenheizungen erzielt werden, mit beträchtlichen pecuniären Opfern erkaufte werden müssen.

Die geehrten Leser werden daher sicherlich mit mir übereinstimmen, wenn ich sage, dass ich nicht daran denke, dieses System für Schulen zu cultiviren.

Ungeachtet dessen wird es von Interesse sein, wenn ich die charakteristischen Details einer Warmwasserheizung hier durch Zeichnung darstelle und näher beschreibe.

Fig. 3, 4, 5 und 6, Blatt 25 (s. Heft IX), stellen den Feuerungs-Apparat der vorhin erwähnten, von der bestanden Wiener Firma Szepessy & Wersin in der Schule, V., Grüngasse, hergestellten Warmwasserheizung dar; *a* und *a'* sind die Wasserkessel, *b* das aus den Zweigen *b'* und *b''* vereinigte Steigrohr und *e* das Rücklaufrohr, welches nach den beiden Kesseln mittelst der Ansatzröhren *e'* und *e''* abzweigt. Die vom Roste *f* aufsteigenden Feuergase umhüllen den Kessel und wenden sich dann in den Canal *g g'* nach abwärts, um sodann durch den Schlott *g''* abzuziehen. Durch den Schub *g'* wird der Zug regulirt. Nach beendeter Heizung muss dieser Schub, sowie auch der Aschenfallschub *h* geschlossen werden, damit kein Luftdurchzug durch den Apparat stattfinden und diesen abkühlen könne. Die in der Ansicht gezeichneten Deckel *i* sind zum Abnehmen gerichtet und eröffnen die Feuerzüge zum Behufe des Durchfegens.

Fig. 7, Blatt 25, stellt einen Wasserofen dar, aus Eisenblech construiert, mit dem Luftdurchzugsrohren *k*, dem Speiserohr *l* und dem Rücklaufrohr *m*, beide durch Anzapfstücke mit dem Wasserofen verbunden. Der Absperrhahn *n* dient zur Verminderung oder Absperrung des Rücklaufes, respective der Wasser-Circulation im Ofen.

Der hölzerne Sockel *o* enthält den Raum zur Aufnahme der Luft, welche den Ofen, d. i. die Luftrohren durchzieht. Durch Oeffnen des Sockelschubers wird entweder die Communication mit der Zimmerluft oder der Aussenluft hergestellt. Im ersteren Falle tritt Circulation, im letzteren Ventilation ein.

Die städtische Mädchenschule, IV., Karolinenplatz, besitzt eine von der Wiener Firma Holdorff & Brückner sehr zweckmässig eingerichtete Warmwasserheizung.

Das Princip der ganzen Anlage ist in Fig. 8, Blatt 25, dargestellt. Wie ersichtlich, steigt zwar das Wasser vom Heizapparate *a* durch das Rohr *b* bis zum Reservoir *c* auf, aber zur Speisung der Heizkörper *d* ist kein besonderes Rohr hergestellt, sondern es besorgt dieses Geschäft die Aufsteigleitung selbst. Das Rücklaufrohr *e* führt das abgekühlte Wasser wieder zum Kessel zurück. Die verschiedenen Vertheilungsrohre befinden sich nicht, wie bei dem früheren Systeme erklärt wurde, am Dachboden, sondern im Kellergeschosse, vom Steigrohr abzweigend. Diese Disposition ist einfach und führt zu Ersparung an Rohrlängen und wird auch eine günstigere Brennstoff-Oekonomie bezwecken.

Fig. 9 und 10, Blatt 25, stellen den Heizapparat dar. Der Zug der Feuergase vom Roste *a* nach aufwärts, dann den Feuercanal *b c*, *b' c'* hindurch und abwärts nach *d* zum Rauchsclotte ist ähnlich wie bei der früher erörterten Anlage. Doch findet sich hier anstatt röhrenförmiger Kessel ein Rohrsystem vor, und zwar wie aus Fig. 10 zu entnehmen, ein System von neun mit *d* bezeichneten Röhren. Dieselben vereinigen sich durch die Abzweigungen *d* (Fig. 9) in ein grösseres Sammlungsrohr *e* (Fig. 9 und 10), welches die beiderseitigen Anschlussstützen *f* enthält, diese letzteren als Beginn der vorerwähnten Vertheilungsrohre. Aehnlich ist die Anordnung bezüglich der Rücklaufrohre, ihres Sammelrohres *g* und der in den Röhrenkessel mündenden Abzweige *h*. Dass diese Röhrenkessel die Verminderung der Wassermasse auf ein Minimum zum Zwecke haben, ist für sich klar.

Fig. 11, Blatt 25, stellt die Ansicht eines Heizkörpers vor, aus Gusseisen bestehend, durch dessen inneren Raum *a b* das Wasser circulirt, indem es oben bei *a* ein- und bei *b* ausströmt. Die Flügel *c d* und *c' d'* sind Ansichten der Rippen, die in Fig. 12, einen Grundriss darstellend, besser ersichtlich sind. Durch diese Rippen *e* wird die Wärme-Ausstrahlungsfäche vergrössert. Derlei Heizkörper sind vor den Fensterparapeten aufgestellt und mit Holzkästen, die seitwärts und oben mit Gittern versehen sind, umkleidet.

Diese Holzkästen sind, ähnlich wie die Sockeln der früher beschriebenen Wasserofen, für Circulation und Ventilation eingerichtet.

V. Heisswasserheizung.

Einen Eisenstab von 1^m Länge, den man mit einem Ende der Weissglühhitze aussetzt, kann man ungeachtet der guten Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens am andern Ende ohne Gefahr noch mit der Hand halten.

Nimmt man aber anstatt des Eisenstabes einen Rohrstab gleichen Querschnittes, der mit Wasser gefüllt und dicht geschlossen ist, und hält denselben in die Gluthmasse des Feuers, so verbreitet sich nach Schinz's Mittheilung die Hitze derart intensiv durch die leitende Wirkung des Wassers, dass jener Stab, selbst wenn er eine Länge von mehr als circa 6^m hätte, am Ende noch 300° Hitze erreicht, und somit noch Holz zu entzünden vermag. Wäre aber der Rohrstab oben offen, so könnte er bloß annähernd die Siedehitze des Wassers, d. i. kaum 100° C. erlangen.

Während daher das Wasser, wenn es sich nach Massgabe seiner Erhitzung ausdehnen kann, höchstens die Siedehitze zu erreichen vermag, wird es zu einem das Eisen weit übertreffenden Wärmeleiter, wenn es an der Ausdehnung durch festen Verschluss gehindert ist, also in einen Zustand starker Spannung gelangt.

Dabei ist zu bemerken, dass diese Spannung des Wassers in einem ungleich grössern Verhältnisse zunimmt, als die Temperatur. Nimmt man nämlich nach Schinz den Atmosphärendruck als massgebend an, welcher der betreffenden Temperatur als Siedetemperatur entspricht, so ergeben die von Dulong und Arago vorgenommenen Untersuchungen folgende Drucke:

Temperatur des Wassers	Druck in Atmosphären
130° R. = 162° C.	rund 7 Atmosphären
200° R. = 250° C.	15 "
212° R. = 265° C.	50 "

Die merkwürdige Leitungsfähigkeit des in einem Rohre dicht eingeschlossenen, gepressten Wassers, welche die Wärmeübertragung auf grössere Rohrlängen, wenn es in Circulation geräth, bedeutend erhöhen muss, brachte vor etwa 40 Jahren den englischen Ingenieur Perkins auf den Gedanken, durch die Rundleitung von stark erhitztem Wasser in engen Röhren forcirte Heizeffekte hervorzubringen. Derselbe construirte auch auf diesem Principe beruhende Heizanlagen, und ist somit der Erfinder der Wasserheizung mit Hochdruck, d. i. des Heisswasser-Heizsystemes.

Es ist bekannt, dass die Wandungen von Röhren bei gleicher Pressung des darin enthaltenen Wassers in dem Masse höher in Anspruch genommen werden, als ihre Röhrendurchmesser grösser sind. Daher war es nöthig, dass Perkins bei einer Temperatur des Wassers von mehr als 200°, ja bis 300° R. die Röhren sehr enge, nämlich nur circa mit 15^{mm} lichtem Durchmesser wählte, indem diese Röhren, selbst wenn die Temperatur nur auf 200° R. getrieben wurde, nach der oben erwähnten Atmosphärenzahl schon einen Druck von 15 Atmosphären auszuhalten hatten; der einer Wassersäule von 155^m, d. i. von circa 82 Wiener Klafter, mithin einer Druckhöhe zu widerstehen hatten, welche die Höhe des St. Stefansthurmes in Wien noch um etwa 30^m überragt.

Ungeachtet ihres kleinen Durchmessers mussten die Rohre doch noch eine bedeutende Wanddicke erhalten, und zwar circa 7^{mm}.

So wie nun bei dem Warmwassersysteme das Offensein, d. i. das Enden in ein offenes Reservoir, die Grundursache der Eigenthümlichkeiten dieses Systemes ist; so bedingt bei dem Heisswassersysteme das Geschlossenensein, d. i. der in demselben thätige Hochdruck in seinen Consequenzen die Eigenthümlichkeit desselben.

Dieser Hochdruck bedingt nämlich, wie schon gesagt, kleine Rohrdurchmesser, und die erforderliche sehr solide Anfertigung derselben bringt die Verwendung von Schmiedeisen. Schmiedeeiserne dünne Rohre sind aber biegsam, können sogar zu Spiralen gewunden werden, und lassen sich daher weit mannigfaltiger anbringen und verlegen, als die weiten, zumeist gusseisernen Rohre der Warmwasserheizung. Auf die weiteren Folgen komme ich später zu sprechen.

Das Rohrsystem einer Heisswasserheizung hat im Principe folgende Einrichtung:

Ein Theil des Rohrsystemes, die sogenannte Ofenspirale, wird in gewundener Form in den gemauerten, mit Feuerkanälen

versehenen Ofen eingelegt, der gewöhnlich im Kellergeschosse aufgestellt wird.

Der obere Ausläufer dieser Spirale steigt in möglichst kürzester Linie bis zu dem höchsten zu beheizenden Geschosse auf, und nimmt seinen Weg direct nach dem äussersten Locale, um bei möglichst wenig Abkühlung den entferntesten Punkt zu erreichen. Der aufsteigende Theil dieser Leitung heisst das Steigrohr.

Die Fortsetzung desselben kehrt nach abwärts zurück, und ist zur Wärmeabgabe an die Heizlocale bestimmt. Es nimmt seinen Weg theils senkrecht, theils horizontal, in geraden und in gekrümmten Linien, und auch in spiralförmigen Windungen, bis es zuletzt wieder zum Heizapparate zurück gelangt, um sich mit dem unteren Ausläufer der Ofenspirale zu vereinigen.

Die Ofenspirale sammt dem Aufsteigrohre und den Heizrohren bilden daher eine einzige in sich zurückkehrende, dicht geschlossene Rundleitung.

Die Rohre werden in den Localen am Fussboden herumgeführt, und wenn sie in der sich dabei ergebenden Länge nicht genugsam zu heizen vermögen, werden diese Fussbodenleitungen stellenweise zu Spiralen (Heizspiralen) formirt, und dadurch die Rohrlängen entsprechend vermehrt.

Die rückkehrenden grossen Rohrlängen, welche die eigentliche Heizung vermitteln, werden im Vergleiche zum bedeutend kürzeren aufsteigenden Rohre ungleich schneller abgekühlt, und wird daher die Wassercirculation nach demselben physikalischen Gesetze eingeleitet, welches ich bei Besprechung der Warmwasserheizung erörterte. Es erzeugt sich nämlich, ungeachtet der Spannung im Rohre, eine der Abkühlung entsprechende Differenz des specifischen Gewichtes.

In Fig. 13 sehen wir ein Lehrzimmer dargestellt, welches an die Feuermauer *a b* grenzt, und an dessen Scheidemauer sich eine Reihe von Lehrzimmern anschliesst. Das Aufsteigrohr für diese Gruppe, wenn es bei dem vordersten der gedachten Zimmer heraufkäme, würde direct bis zum letzten Zimmer, Fig. 13, geführt werden. Es tritt bei *e* ein, wird am Boden nach *f, g, h* herumgeführt, und verwandelt sich an der Wendung *h* in das Rücklaufrohr. Als solches durchzieht es das Zimmer nach *h, i, k, l, m, n* und tritt bei *o* in das anstossende Zimmer, einen ähnlichen Rundgang beschreibend, und sofort bis in das vorderste Zimmer, aus welchem es längs dem erstbesagten Aufsteigrohr seinen Rückweg nach dem Kellergeschosse zum Apparat nimmt.

Wenn die in Fig. 13 gezeichnete Anordnung mit Rücksicht auf die Abkühlungsflächen (Wände, Fenster etc.), eine zu geringe Heizkraft gäbe, so müsste mit dem Wendepuncte *h* vorgerückt werden, vielleicht bis zur Thüre. Wäre aber dann immer noch die Rohrlänge eine zu geringe, so müsste man an irgend einem Puncte der Wand oder in den Fensternischen vor den Parapeten das Rücklaufrohr in der verticalen Ebene beliebig hin und her schlängeln, so dass durch die so entstehenden Heizschlangen die im Zimmer befindliche Gesamtröhrlänge sich zu derjenigen ergänzt, die zur entsprechenden Heizwirkung nöthig ist.

Aus dem eben Gesagten geht nun von selbst hervor, dass man bei Anlage einer solchen Heizung die Räume in jedem der Stockwerke in Gruppen theilen wird, und jede derselben in der erörterten Weise mit Aufsteig- und Rückgangrohr versehen wird. Die Aufsteig- und Abfallrohre für die gleichen Zimmergruppen über einander, ordnet man unmittelbar neben einander an. Wäre z. B. das Haus dreistöckig, so würden sich je vier Gruppen über

einander ergeben, wonach vier Aufsteig- und vier Rücklaufrohre, also zusammen acht Rohrstränge entstehen, die neben einander laufen würden. In jedem Geschoße wende sich das betreffende Rohr nach den ihm zugewiesenen zu beheizenden Räumen. Somit wird sich die Anzahl der Rohrstränge in jedem Geschoße um zwei verringern, nämlich um das betreffende Aufsteig- und Rücklaufrohr.

Fig. 14 zeigt die Rückseite des kastenförmigen, im Keller befindlichen Heizapparates, und Fig. 15 die Daraufrsicht.

Wir werden nun den Gang eines doppelten Systemes verfolgen, nämlich eines Rohres, welches bei seiner Rückkunft zum Ofen nochmals durch das Feuer geht, und zur weiteren Beheizung aufsteigt, und erst nach wiederholter Rückkunft den Rundlauf abschliesst.

Das durch die erste Ofenspirale geheizte Rohr tritt bei *a* aus dem Ofen heraus, steigt nach *b* auf, biegt sich rechtwinkelig ab, um den Weg *a b c*, Fig. 15, in horizontaler Ebene über dem Heizapparate zu laufen, und steigt dann in das betreffende Geschoss auf. Nachdem es dort seinen Rundgang vollendet, kehrt es nach *d e f g* zurück, um von da in senkrechter Abbiegung nach *g h i k* wieder in den Feuerraum zu gelangen, woselbst es sich in horizontalen länglichen, über einander sich lagernden Rundgängen, die zweite Ofenspirale bildend, mehrfach windet, und dadurch zum zweiten Male geheizt wird. Somit tritt es bei *a'* wieder aus dem Ofen heraus, und verfolgt den Weg *a' b' c' . . . d' e' f' g' h' i' k'*, Fig. 14 und 15. Bei *k* kehrt dasselbe in den Ofen zurück, um sich mit der erstgenannten Ofenspirale wieder zu vereinigen.

In der vorliegenden Zeichnung, Fig. 14, finden wir neben einander ein zweifaches, dreifaches, einfaches und zweifaches System. Auf je zwei oder höchstens drei Lehrzimmer kann ein System gerechnet werden. Bei längeren Systemen wird an Rohrlängen erspart, weil die Anzahl der zum grossen Theile wenig wirksamen Aufsteig- und Abfallrohre dadurch verringert wird. Allein das circulirende Wasser hat dabei einen grösseren Weg zu durchlaufen, und mehr verzögernde Reibung zu überwinden; daher eine langsamere Heizwirkung und namentlich ein länger andauerndes Anheizen die Folgen wären.

Zur Beheizung von Wohnlocalen und Anstalten hat man sich genöthigt gefunden, die Temperatur der Rohre zu mindern, um die Gefahr von Berstungen zu beheben. Denn aus obiger Uebersicht der hydrostatischen Drücke geht hervor, dass eine geringe Ueberheizung des Wassers, wenn auch nur 200° R. als Normale angenommen wird, doch schon eine ungemeine Drucksteigerung zur Folge haben muss. Wenn auch Sicherheitsapparate vorhanden sind, wie solche später beschrieben werden, so ist denn doch immer die Möglichkeit eines Versagens im Auge zu behalten.

Zudem ist eine hohe Temperatur der Röhren für Stoffe oder Holztheile entzündlich und daher feuergefährlich. Endlich erzeugt eine solche auch die der Gesundheit schädliche Staubverbrennung.

Man ging daher blos bis zu einer Maximal-Temperatur von 125° R. Die Rohre kommen hiebei mit circa 60° R. zurück und beträgt daher die Temperatur-Differenz 60° R. Man sieht, dass diese Differenz ungefähr dieselbe ist, wie sie auch bei Warmwasserheizungen eintreten kann; und der Unterschied besteht daher wesentlich in der absoluten höheren Temperatur der Heisswasserrohre.

Die Rohre erhalten in der Regel circa 20 bis 23^{mm} lichten Durchmesser und 6^{mm} Wandstärke, und es kommt auf ein Lehrzimmer eine Heizfläche von circa 6 bis 8 □^m.

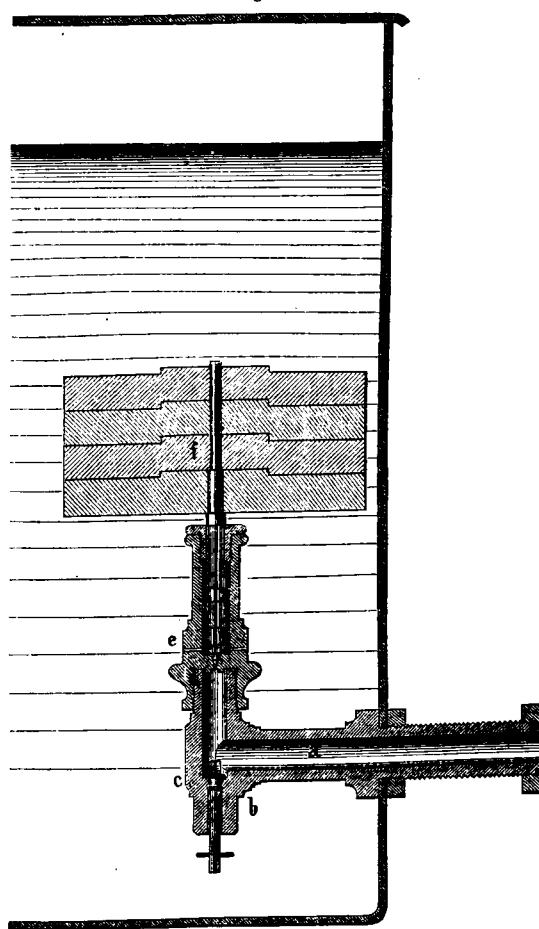
Der Druck in denselben ist, wie schon bemerkt, mit circa 7 Atmosphären anzunehmen, und äquivalirt daher immer noch der ansehnlichen Höhe einer Wassersäule von circa 39 Wiener Klafter. Diese Höhe beträgt daher nahezu die dreifache Maximalhöhe eines vier Stock hohen Hauses.

Die Röhren werden auf 12- bis 20fache Sicherheit geprüft, und es ist zu bemerken, dass noch eine besondere Beruhigung darin gefunden werden kann, dass nur ein gutes Schmiedeeisen verwendbar ist, weil die Rohre für ziemlich scharfe Abbiegungen, wie sich solche bei dem Verlegen derselben oft als nothwendig herausstellen, geeignet sein müssen.

Um bei allfälliger Ueberheizung, in Folge der dadurch entstehenden grösseren Ausdehnung des Wassers, eine übermässige Anspruchnahme der Rohre, oder wohl gar ein Bersten einzelner Stellen zu verhindern, werden an den oberen Punkten der Rohrleitungen Sicherheitsapparate angebracht, und zwar entweder Expansions-Reservoirs oder Expansions-Rohre.

Das Expansions-Reservoir, Fig. 16, besteht aus einem kleinen Wasserbehälter, der über dem höchsten Punkte jedes einfachen

Figur 16.



oder vereinigten Systemes angebracht wird. Die Abzweigung *a* der Rohrleitung mündet in den senkrechten Cylinder, der in *c* und *d* selbstspielende Ventile besitzt. Das untere Ventil wird durch die Spannung des heissen Wassers und das obere durch das Beschwerungsgewicht *f* zugehalten. Bei Ueberspannung des heissen Wassers wird das Sicherheitsventil *d* gehoben und das heisse Wasser entweicht durch die seitlichen Bohrungen so lange, als

die Ueberspannung dauert. Geht die übermässige Temperatur des heissen Wassers wieder zurück, so vermindert sich dessen Volumen, es entsteht ein leerer Raum in der betreffenden Leitung und hiermit eine Saugwirkung, welche das Ventil *c* öffnet, und den früher erlittenen Wasserverlust ersetzt.

Die Expansions-Rohre, Fig. 17, bestehen aus einem einzelnen, oder einem Systeme weiter Rohre *a*, die mindestens bis zur Niveauhöhe *b* des Seitenröhrchens *c* mit Wasser gefüllt sind, und in deren Luftraum das Aufsteigen des Wassers ermöglicht wird, wenn es durch Ueberheizung in grösserem Masse ausgedehnt würde. Die Expansions-Rohre wirken daher ähnlich wie Windkessel.

Beide Apparate erfüllen ihren Zweck, und ist der Heizer nicht gefässentlich nachlässig, so ist an den Heizrohren nichts zu besorgen. Im äussersten Falle könnte eine Ofenspirale im Heizapparate explodiren. Derlei Vorkommnisse haben sich aber als ungefährlich erwiesen.

Diese Sicherheits-Apparate gelangen auch in Action, wenn aus Versehen des Heizers zur Zeit der nicht normalen Heizung das Wasser an irgend einer Stelle der Rohre eingefroren wäre, und somit bei dem Anheizen die Circulation und Ausdehnung des Wassers gehindert wäre, und hierdurch eine übermässige Spannung entstände. Ein erfahrener und vorsichtiger Heizer wird ein solches Hemmniss bald entdecken. Denn durch Betasten der Rücklaufrohre erkennt er aus der Temperatur derselben, ob die Circulation begonnen habe, und beginnt dieselbe nicht zur gewöhnlichen Zeit, so wird er ein Hemmniss vermuthen, und daher nicht weiter heizen, bis er dasselbe entdeckt und abgestellt hat.

Fig. 18, 19 und 20 geben ein Bild der Heizapparate, welche die von der Firma „Johannes Haag“ in der Bürgerschule, V., Koflergasse, hergestellte äusserst gelungene Heisswasserheizung besitzt.

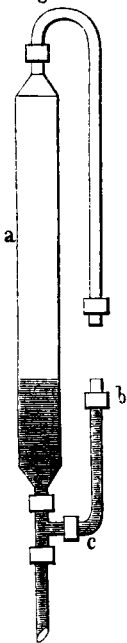
Fig. 19 zeigt den Rost *a*, und die Feuergase nehmen ihren Weg nach *b*, *c*, *d* zum Canale *e*, *f*, der in den Schlott mündet. Auf den Walzen *g* liegen die Feuerspiralen, von denen früher die Sprache war. Rückwärts befindet sich die eiserne Thüre *h*, welche geöffnet wird, wenn die Feuerzüge zu fegen sind; zu welchem Zwecke jedesmal die Schutzmauer *i* beseitigt werden muss.

Der Grundriss Fig. 20 zeigt die Anzahl der Röste und Feuerungen und die sechs Räume mit den früher genannten Walzen *g*, in deren jedem übereinander, jedoch, wie aus Fig. 19 ersichtlich, durch eine Zunge getrennt, zwei Ofenspiralen gelagert sind. Die in Fig. 18 und 19 ersichtlichen Drosselklappen *h* dienen zur Regulirung des Rauchabzuges.

Die genannte Heizanlage und hiermit auch das gesammte oben approximativ angedeutete Erforderniss an Heizrohren besteht aus zwei vollkommen getrennten Theilen. Der eine Theil enthält in schon erörterter Weise die Systeme der Rundrohre, nämlich jener gewöhnlich in die Fussböden eingelegten Rohre, welche jene Wärme zu ersetzen haben, die durch die abkühlende Wirkung der Wände und Fenster verloren geht.

Der zweite Theil enthält die Systeme, welche die Spiral-Ventilationsöfen mit heissem Wasser speisen, und daher die einströmende frische Luft zu erwärmen haben.

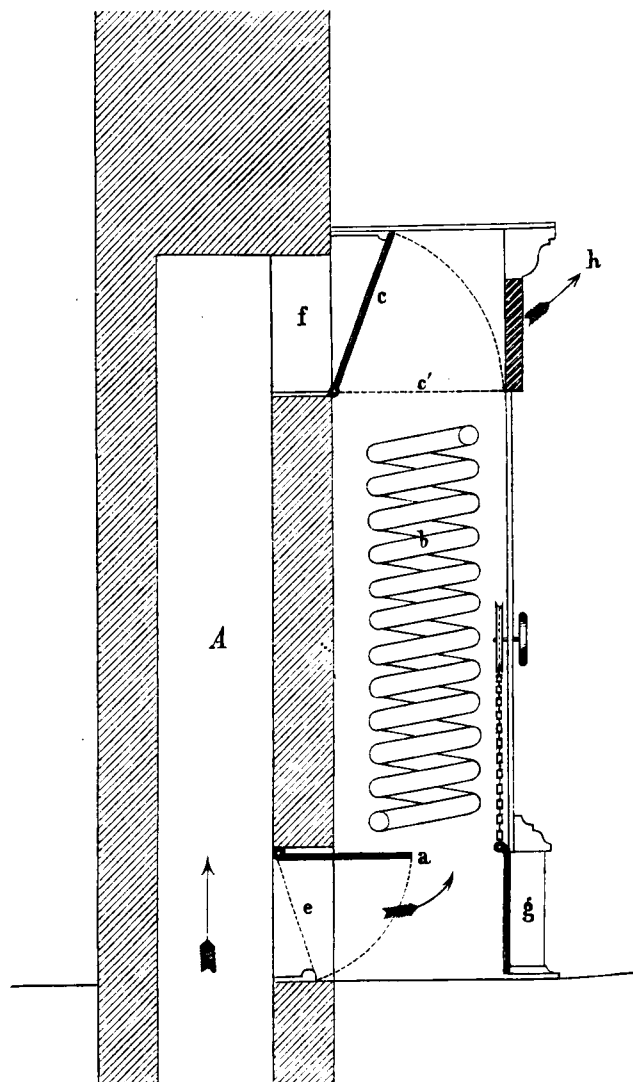
Figur 17.



Diese Öfen wurden in die Zimmerecken, und zwar in die Nähe der Fenster gestellt, um durch Parapetöffnungen und kurze horizontale Schläuche die frische Luft zuleiten zu können.

Fig. 21 stellt eine etwas geänderte Construction vor, wie solche bedungen wäre, wenn die Öfen die frische Luft aus senkrechten Mauerkanälen zu beziehen hätten. Bei dieser Disposition

Figur 21.



wäre die Gefahr eines Einfrierens auf ein Minimum reducirt, im Falle eine Absperrung des Luftzutrittes in der Zeit, als nicht geheizt wird, übersehen würde.

b ist die Heizspirale, umgeben von einem oben geschlossenen Blechmantel, welcher drei sperrbare Luftöffnungen enthält. Wird *a* und *c* geöffnet und *g* geschlossen, so steigt die frische Luft von *e* nach *a*, *b* und *c*, sich an der Spirale erwärmend, nach aufwärts, und strömt bei (*h*) in den Zimmerraum aus. Bleibt *c* in der gezeichneten geschlossenen Lage und wird *a* in die Lage *e* umgelegt, dagegen *g* aufgezogen, so strömt die Zimmerluft bei *g* ein, erwärmt sich an der Spirale und tritt bei *h* aus. In diesem Falle tritt die Circulations-Heizung ein. Wird die Klappe *c* in die Lage *c'* herabgelassen, und *g* und *a* geschlossen, so wird in Folge der Luftwärme im Zimmer und des im selben vorhandenen Abzugschlauches der verdorbenen Luft, durch den Canal *A* nach den Oeffnungen *f* und *h* kalte frische Luft aufgesogen und in das Zimmer geführt. Diese Klappenstellung ist daher vorzunehmen, wenn die Zimmertemperatur zu hoch gestiegen, und eine Abkühlung nöthig wäre. Der Luftschlauch *A* setzt sich bis in den Keller-

raum fort. Dort befinden sich abgemauerte Kammern, welche von Aussen die Luft beziehen, und von denen diese Schläuche der Spiralöfen gruppenweise gespeist werden.

In der Volksschule, II., Sperrgasse, wurde die Heisswasserheizung von der Firma J. L. Bacon hergestellt. Diese ebenfalls sehr gelungene Anlage ist mit Rücksicht auf Billigkeit in allen Theilen möglichst einfach eingerichtet. Die Rohre für die Fussbodenleitungen und die Ventilations-Spiralen wurden hier nicht nach getrennten Systemen hergestellt. Die Ventilations-Spiralen sind nach dem in Fig. 22 gezeichneten Principe hergestellt, und befindet sich eine solche Spirale vor jedem Fensterparapete. Die frische Luft strömt bei *a* ein, steigt in dem gewundenen Blechkasten *b* auf, und tritt durch das im hölzernen Verkleidungskasten vorhandene Gitter *c*, senkrecht nach aufwärts sich bewegend, in den Zimmerraum aus. Nebstdem tritt auch durch das Gitter *e* Zimmerluft in den Kasten, bestreicht direct die Spirale, deren Röhrendurchschnitte in Fig. 22 sichtbar sind, und steigt gleichfalls durch das Gitter *c* in den Zimmerraum auf. Dieser Apparat besorgt daher eine gleichzeitige Function des Ventilirens und Circulirens. Wird mittelst des Knopfes *d* und der Drosselklappe *d'* die Communication von *a* nach *b* gesperrt, so ist nur noch die Circulation der Zimmerluft in Thätigkeit.

Bei *f* sind die Fussbodenrohre ersichtlich, welche durch Vorleggitter geschützt werden.

Bezüglich des Rohrerfordernisses kann Folgendes als Anhaltspunkt gelten: Bei Annahme von 28 Lehrzimmergrössen, jedes verglichen 220^{km} , gibt 6160^{km} zu beheizenden Raum. Diese Ziffer als Grundzahl angenommen gibt:

$$\frac{1}{3} \times 6160 = 2053^m \text{ für Fussboden- und Heizspirale-Rohre.}$$

$$\frac{1}{4} \times 2053 = 513^m \text{ für Rohre im Keller ausserhalb der Oefen, dann für Aufsteigrohre und andere nicht direct nutzbare Rohre,}$$

$$\frac{1}{5} 2053 = 411^m \text{ für Ofenspiralen.}$$

Zusammen 3977 laufenden Meter Heizrohre.

Diese Rohrlänge reicht aus, um auch die Gänge und Stiegen etwas zu temperiren.

Für eine Trennung der Rohrsysteme für eigentliche Heizung und Erwärmung der einströmenden frischen Luft, hat die Firma J. Haag die Rohrlängen im Verhältnisse von circa resp. 9 : 5 ausgetheilt.

Die gesammte Wassermasse, die in einer derartigen Anlage circulirt, ist sehr gering, indem sie bloss circa einen Kubikmeter beträgt.

Wie schon bemerkt, gibt das Geschlossenensein des Systemes und in Folge dessen die nothwendige Kleinheit der Rohrdurchmesser der Heisswasserheizung ihren Charakter. Denn diese engen Rohre verursachen die genannte kleine

Wasserquantität und dieses geringe Wasserquantum gestattet ein schnelles Anheizen, wozu nur $2\frac{1}{2}$ Stunden erforderlich sind. Es kühlt dieses System in Folge des geringen Wassergehaltes auch in kurzer Zeit wieder aus, sobald man mit der Heizung aussetzt.

Die Temperatur der Heisswasserrohre ist keineswegs so gross, dass eine Belästigung durch strahlende Wärme oder eine Staubverbrennung entstehen könnte.

Die Herstellungsweise ist nicht mit den Schwierigkeiten verbunden, die eine Warmwasserheizung oft verursacht, weil die Rohre leicht nach allen Richtungen gewendet und gebogen und somit den localen Bedürfnissen angeschmiegt werden können.

Auch die Anlagekosten sind selbst dann, wenn man so viel Heizrohre einlegt, dass (vielleicht mit Ausnahme besonders kalter Tage) bloss mit frischer Luftzuführung, also ohne Circulation angeheizt werden soll, nicht übermässig. Dieselben betragen für eine Doppelschule circa fl. 24.600, wogegen, wenn der bei Ofenheizungen erörterte Platzverlust in den Calcül gezogen wird, eine Ofenheizung ungünstigenfalls mit einem Aequivalente bis zu fl. 22.456 in Anschlag gebracht werden kann.

Die Brennmaterial-Oekonomie ist, wie schon aus der besseren Eignung der Heisswasserheizung für unterbrochene Heizung erklärlich ist, eine günstigere als bei der Warmwasserheizung.

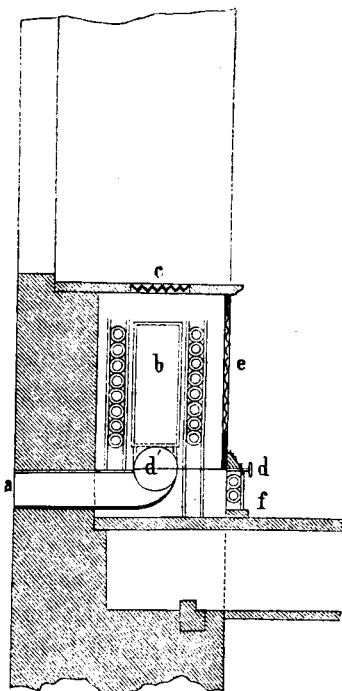
Doch theilt dieses System mit dem Warmwassersystem manche Mängel. Denn auch hier muss in kalten Nächten, sowie auch in Ferialtagen mässig fortgeheizt werden, um die Circulation in den Röhren lebendig zu erhalten, und dadurch das Wasser vor dem Einfrieren zu schützen. Auch geht es bei der gewöhnlichen Herstellungsweise nicht an, einzelne Locale aus der Heizung vollständig auszuschalten. Man kann bloss die Wärmeabgabe an derlei Localitäten reduciren, indem man die Circulation der Zimmerluft durch die Ventilations-Spiralöfen absperrt. Hiernach befinden sich letztere in den betreffenden Kästen oder in den sie umgebenden Mänteln allseitig abgesperrt, und tragen dann nur noch wenig zur Zimmererwärmung bei, die sich in diesem Falle wesentlich auf die Wärmeabgabe der Rundrohre reducirt. Allerdings kann man auch bei complicirterer Herstellung und Anbringung von Absperrhähnen die beinahe vollständige Ausschaltung beliebiger Locale ermöglichen; doch vertheuert dies die ganze Anlage unverhältnissmässig.

Während der Unterrichtsstunden ist ebenso wie bei der Warmwasserheizung auch vom Heizapparate aus eine Regulirung des Ganges der Wärmeabgabe bis auf einen gewissen Grad möglich, indem der Heizer aus der Temperatur des Rücklaufrohres auf die durchschnittliche Temperatur in den Localen schliessen, und hiernach das Feuer reguliren kann. Eine solche Regulirung ist aber, wie gesagt, bloss eine durchschnittliche, und kann sich auch nur auf die Gesammtheit der je einem Systeme angehörigen Locale, nicht aber auf irgend ein specielles Locale beziehen.

Als ungünstig muss der Umstand bezeichnet werden, dass sich die Spiralen und Fussbodenrohre in den Zimmern verstauben, und deren Reinigung eine mühsame ist; ferner dass die Spiralöfen, wo sie auch immer angebracht werden, denn doch das ganze Jahr hindurch eine Raumverstellung verursachen.

Die zulässige Leitungslänge gestattet die Beheizung einer Doppelschule von einem einzigen Centralofen aus. Den gleichen

Figur 22.



Zweck erreicht man zwar auch mit der Warmwasserheizung, und mit der Dampfheizung, jedoch auf kostspieligere Weise.

Für Schulgebäude hat übrigens eine derart concentrirte Heizanlage keinen besonderen Werth, weil die Kellerlocalitäten ohnedies in Uebersahl vorhanden sind, und daher die Aufstellung mehrerer Heizapparate keinem Anstande unterliegt.

Im Ganzen genommen stellt sich nach allem Gesagten heraus, dass für Schulen dem Heisswassersysteme ein Vorzug vor dem Warmwassersysteme einzuräumen sei, weil es dieselben Zwecke der Erwärmung und Ventilation bei gemässigten Herstellungskosten erreicht, und auch weniger Brennmateriale consumirt, indem deren Functionirung lenkbarer ist, also den Zeitabschnitten des Unterrichtes genauer angepasst werden kann.

Das Heisswassersystem lässt zwar eine grosse Mannigfaltigkeit in seiner Detaildurchführung zu, welche dasselbe geeignet macht, wenn es ohne Rücksicht auf Kosten gefordert wird, weitgehenden Anforderungen genügen zu können, allein vom praktischen Standpunkte aus, muss doch immer der wahre Werth einer Anlage nach der Einfachheit derselben beurtheilt werden. Man kann z. B. die Fussboden-Rundrohre und die Heizspiralen, wie schon erwähnt, in gesonderte Systeme fassen, so dass es möglich wird, je nach der Aussentemperatur oder sonstigen Ursachen, bloss mit den Rundrohren oder bloss mit den Spiralen, oder aber mit beiden in beliebigem Verhältnisse der Intensität zu heizen — man kann die Heizspiralen mit Absperrhähnen versehen, um sie in einzelnen Localen unwirksam zu machen, und man könnte auch die in Fussbodenschlitzen eingelegten Rundlaufrohre anstatt mit Gittern, mit schliessbaren Schubern versehen, um im Bedarfsfalle die Wärmeausströmung jener Rohre in den Localen, welche ausgeschaltet werden sollen, auf ein Minimum zu reduciren. — Derlei Herstellungen gestalten sich aber, wie schon erwähnt, für Schulen zu kostspielig.

Ich muss schliesslich noch des Temperatur-Unterschiedes erwähnen, welchen die Heizflächen beider Wassersysteme besitzen. Die Rohre der Warmwasserheizung haben nämlich 35—95° C., und die der Heisswasserheizung 60—120° C. Es wird nämlich die Temperatur der Heisswasserrohre selten höher als auf 96° R. gleich 120 C. forcirt.

Die Zersetzung der organischen Stoffe, aus welchen der in der atmosphärischen Luft vorkommende Staub zumeist besteht, beginnt aber erst bei circa 130—140° C. Mithin bleiben die Maximal-Temperaturen beider Systeme unter der Temperatur, welche der Luftbeschaffenheit erwiesen nachtheilig wird.

Ob aber selbst unterhalb jener Grenze von 130—140° C. noch ein Rangunterschied zu machen, und demzufolge der Warmwasserheizung vor dem Heisswassersysteme der Vorzug einzuräumen sei, weil erstere denn doch Heizflächen von erheblich geringerer Temperatur aufweise, kann ich dermalen noch nicht beantworten, und es müssten erst gründliche Forschungen und Experimente hierüber Aufschluss geben.

Vorläufig können wir es immerhin als etwas günstiger ansehen, dass die Heizflächen des Warmwassersystemes eine geringere Temperatur haben.

Ich muss aber noch hinzusetzen, dass man bei entsprechend reichlicher Anzahl von Heizrohren, auch das Heisswassersystem

so einrichten kann, dass man mit einer Temperatur des Wassers auslangt, welche so mässig ist, dass der Unterschied der Heizflächen-Temperaturen beider Systeme auch bei grosser Rigorosität nicht mehr beachtenswerth erscheint; doch erfordert dies Mehrkosten.

VI. Luftheizung.

Nimmt man sich die Mühe, über den Sinn des Spiralofens gründlich nachzudenken, so drängt sich die Frage auf, warum doch dieser Ofen an die Mündung des Luftschlauches in das Lehrzimmer gestellt werden soll, wo er der freien Communication im Wege steht und vielleicht sogar benützbare Sitzplätze wegnimmt, warum man den ganzen Sommer hindurch den Anblick dieses Staubkastens vor sich haben soll, und was es endlich für einen Zweck haben möge, in zahlreichen Schläuchen die eiseige Luft durch alle Stockwerkshöhen aufzuziehen, um das Mauerwerk auszukühlen, anstatt erwärmend auf dasselbe zu wirken; ob es endlich nicht viel vernünftiger wäre, die Spiralöfen im Keller an die unteren Enden der Schläuche zu stellen, damit die erwärmte frische Luft, durch die Mauern ziehend, in die Lehrzimmer eintrete, und auf solche Weise nicht nur die Zimmerräume beheize, sondern auch zugleich die Mauern temperire.

Wenn man sich nun diese Spiralöfen zweckmässiger im Kellergeschosse denkt, so entsteht sofort die zweite Frage, ob es nicht einfacher und billiger wäre, nicht zu jedem Schlauche einen separaten Ofen, sondern immer mehrere Schläuche in eine Gruppe zusammenzufassen, um sie mit einem grösseren gemeinschaftlichen Spiralofen versehen zu können.

Die beiden aufgestellten Fragen muss man jedenfalls mit Ja beantworten.

Im Augenblicke dieser Bejahung sind wir aber schon bei der Central-Luftheizung angelangt. Denn jener gemeinschaftliche Spiral-Luftofen, in Verbindung mit dem dazu gehörigen Spiral-Heizapparate, ist nichts Anderes als ein Luft-Heizapparat.

Eine solche Anordnung wäre doch sicher weit zweckmässiger, als die Aufstellung der Spiralöfen in den Lehrzimmern, oder wohl gar die Verbarrikadirung aller Fensternischen mit Spiral-Heizkästen.

Fragt man sich aber nun weiter, inwiefern es motivirt sei, einen kostspieligen Spiral-Heizapparat anstatt eines Calorifer zu wählen, so könnte man als Antwort darauf geben: Man könne vielleicht einen gusseisernen oder schmiedeisernen Calorifer in seinen Verbindungsstellen doch nicht absolut dicht herstellen, und die Heizflächen erlangen eine zu grosse wo nicht gar eine Glühhitze, und in Folge dessen sei Luftverschlechterung oder Staubverbrennung zu besorgen.

Nun, wenn ein solcher Calorifer mangelhaft construirt ist, wäre allerdings diese Einwendung gerechtfertigt, allein es existiren bereits so vorzügliche Apparate, dass solche Besorgnisse gänzlich entfallen.

Ich werde hier zunächst jene Apparate erörtern, die ich bei den von mir hergestellten Heizanlagen benützte, und die sich vorzüglich bewähren. Es sind dies die Apparate der Firmen: „Maximilian Schmidt“ und „Holdorff & Brückner“.

Der erstere Apparat, in Fig. 23, Blatt 29, dargestellt, zeigt ein System von Rauchbehältern und Rauchröhren, in denen die

heissen Gase zuerst in die Feuerglocke *B* gelangen, von da in die sogenannte Feuerstosskugel *C*, hierauf durch die beiderseitigen Knierohre in den ersten Rauchbehälter *D*, weiters durch die Rohre *P*, zuletzt in die vordere Hälfte des grossen Reservoirs *E*, welch' letzteres durch eine Wand untertheilt ist. In den Rohren *F* geht der Rauch sodann wieder nach abwärts in den unteren hufeisenförmigen Behälter, und von da steigt er endlich wieder durch die Rohre *F'* in die zweite Abtheilung des oberen Reservoirs auf, und gelangt hierauf in das bei *K* ausästende Rauchabzugsrohr.

Der Feuerkasten ist doppelwandig, um das Glühendwerden hintanzuhalten.

Der ganze Apparat ist mit den schmiedeisernen Spangen *T* umklammert. Letztere erlangen offenbar eine weit geringere Temperatur als die mit den Verbrennungsgasen in Berührung stehenden Heizflächen, dehnen sich daher weniger aus, und pressen dadurch die Apparatheile desto stärker zusammen, je stärker geheizt wird, wodurch der Apparat während der Beheizung eher an Dichtheit gewinnt. Die Wärme-Ausnützung ist eine vortreffliche.

Der Apparat der Firma „Holdorff & Brückner“ ist in seiner Einfachheit vortrefflich. Ohne Rauch-Circulations-System erheben sich die heissen Gase in der reichlich mit Rippen versehenen Glocke, und nehmen über die Chamotte-Mauer *a b* (Fig. 24, Blatt 29), ihren Weg nach abwärts direct zum Rauchabzugsrohre *c d e*.

Der grosse Querschnitt der Glocke (von der in Fig. 24 die Hälfte im Durchschnitte dargestellt ist), gibt zu einer langsameren Bewegung der Gase Veranlassung, und begünstigt daher die Wärmeabgabe; die Widerstände der Gasströmung reduciren sich in diesem Apparate auf ein Minimum.

Die Verbindung der Haupttheile bezieht sich auf ein horizontales Auflager, und gewinnt daher durch die Eigenlast an Dichtheit, und diese auf Dichtheit wirkende Last kann offenbar durch die bei Beheizung entstehende Ausdehnung der Apparatheile nicht gemindert werden.

Beide Apparate kommen auch bei starker Beheizung nicht zum Glühen, es wäre denn, dass man durch absichtliche Ueberheizung ein Glühen hervorbrächte. Die Verhinderung des Glühens wird durch Chamotte-Ausmauerungen des Feuerraumes erreicht. Uebrigens kommt selbst im Falle eines bewirkten Glühens nur an der zunächst dem Feuer befindlichen Stelle der Heizfläche die Glüherscheinung vor.

In Bezug der Heizflächen-Temperatur vermag ich interessante Daten mitzutheilen. Ich habe nämlich in dieser Hinsicht den Holdorff-Brückner'schen Ofen näher untersucht, und bei lebhafter Beheizung und Zuführung frischer Luft in die Heizkammern an der oberen Stelle der Glocke nur eine Temperatur von circa 140° C. und in der mittleren Höhe der Glocke nur 90° C. als Heizflächen-Temperatur gefunden.

Die Luft hatte in der heissesten Region der Heizkammer, nämlich oberhalb der Glocke, bloss die Temperatur des siedenden Wassers.

Die Heisswasserrohre (Mitteldrucksystem) erlangen, wie schon oben bemerkt, eine Temperatur von etwa 90° R. bis 125° R., und zwar im Beginne des Aufsteigrohres, wobei das Rücklaufrohr auf etwa 65° R. herabsinkt. Mithin bewegt sich die Temperatur der Heizflächen einer Heisswasserheizung circa innerhalb 111° C. bis 156° C. und 81° C.

Der Temperatur-Unterschied der Heizfläche eines Calorifere der Firma Holdorff & Brückner und der Heisswasserheizungen ist daher keineswegs bedeutend, vorausgesetzt, dass der Calorifere nicht unmässig geheizt werde.

Ich bin überzeugt, dass auch die vorgenannten Apparate der Firma Maxm. Schmidt bezüglich der Heizflächen-Temperaturen dasselbe günstige Resultat ergeben, doch war es mir aus Mangel an Zeit nicht möglich, bezügliche Versuche anzustellen.

Der Staub, mit welchem die atmosphärische Luft geschwängert ist, und dessen reichliche Anwesenheit sich in der Erscheinung des Sonnenstäubchens sichtbar kundgibt, besteht bekanntlich zum grössten Theile aus vegetabilischen Bestandtheilen. Nach den Untersuchungen Pouchet's finden sich als Bestandtheile des Luftstaubes in Städten vorwiegend zerriebene Hafersegmente und getrockneter Pferdemist vor. Getreidestaub findet sich nach den Untersuchungen Pouchet's überall vor, sowohl in Städten wie am Lande. Derselbe fand den Getreidestaub in Kirchen, in deren 100 Jahre alten Staubablagerungen, wie auch in den Grabkammern der ägyptischen Pharaonen.

Der Luftstaub enthält noch die verschiedensten Bestandtheile, die nach localen Veranlassungen wechseln. Hievon sind besonders zu bemerken: Steintheilchen, vertrocknete thierische Bestandtheile, Woll- und Spinnenfäden etc.

Diese verschiedenartigen Bestandtheile bedingen offenbar auch eine verschiedene Temperatur zu ihrer chemischen Veränderung, um in das Stadium des Versengens oder des Verbrennens zu gelangen.

Der Beginn der chemischen Zersetzung wird im Allgemeinen bei 130° bis 140° C. eintreten.

Demnach erhalten bloss einige Stellen der genannten Luftheizapparate einen Hitzgrad, bei welchem die Staubzersetzung beginnt. Wie erwähnt, gelangen auch die Heisswasserrohre bei kräftiger Heizung im anfänglichen heissen Theile bis zu diesem Temperaturgrade.

Nach den angeführten Thatsachen sind wir auf dem Punkte angelangt, die Entbehrlichkeit der Spiralapparate zugestehen zu müssen, wenn Kellerräume zur Aufstellung von Luftheizapparaten vorhanden sind; wir werden daher für Schulen umsoweniger nach solchen Apparaten ein Verlangen haben, wenn wir uns der Kostspieligkeit, der Einfriergefahr, des nächtlichen Nachheizens, und anderer bereits bei Besprechung der Heisswasserheizung constatirter Uebelstände erinnern.

Ich bin übrigens in der Lage, einen billigen Apparat vorführen zu können, dessen Heizflächen eine so gelinde Temperatur haben, dass dieselben zum mindesten nur so heiss werden, wie die Heisswasserrohre, ja zum grossen Theile mit der Heizflächen-Temperatur der Warmwasserheizungen vergleichbar sein werden.

Dieser Apparat ist Gegenstand meiner Erfindung.

Der eigentliche Heizkörper (Fig. 25, 26, 27, Blatt 28) besteht aus gusseisernen Rohren mit 40^{cm} lichtem Durchmesser in solcher Anzahl, dass auf je eine Lehrzimmergrösse circa 4·2 □^m Heizfläche entfallen. Durch diese Rohre ziehen die heissen Gase, welche sich im rückwärtigen Raum sammeln und ihren Weg zum Schornstein nehmen.

Unterhalb der Rohre strömt die frische Luft ein, erwärmt sich an den Umfangsflächen der Rohre, sammelt sich oberhalb

derselben, und nimmt hierauf ihren Weg nach den Warmluftschläuchen *a*. Die Rohrmündungen gegen den Feuerraum erhalten kurze Einlagen von Chamotte-Stützen, um eine Ueberhitzung an diesen Stellen hintanzuhalten.

Damit die Heizflächen durchaus gleichen Werth erhalten, ist es nöthig, die Raucheinströmung in allen Rohren gleichmässig zu reguliren. Zu diesem Zwecke werden die, mit *b* bezeichneten Kappen angebracht, welche mittelst der Griffe *c* vor- und zurückzuschieben sind, so dass der aus jedem Rohre ausströmende Rauch auf das gleiche Mass gebracht werden kann. Die hiezu erforderliche Stellung dieser Kappen erfährt man durch Pirometer-Proben. Es hat nämlich jede der Kappen ein senkrechtes Rohr *d*, in den Raum *e* ausmündend, welches gewöhnlich durch eine Kapsel *f* verschlossen wird, damit keine den Rauch abkühlende Luft aufgesogen werde. Entfernt man eine Kapsel und schiebt bis zum oberen Punkte des Rohrumfanges ein Pirometer hinauf, und zieht dasselbe nach einiger Zeit wieder schnell heraus, so kann man die Temperatur der Rauchaussströmung erfahren. Man wird daher die vorgenannten Kappen *b* so lange hin- und herschieben, bis die Rauchaussströmungen aller Rohre dieselbe Temperatur zeigen.

Ist diese Kappenstellung einmal ermittelt, so kann sie an den Zugstangen *c* markirt werden und hat dann diese Stellung ein- für allemal zu bleiben, es wäre denn, dass man für den Fall, als man wegen gelinder Witterung bloss mit einem Rohre oder nicht mit allen Röhren heizen wollte. Für solche Fälle müssten die Kapselstellungen besonders ausgemittelt werden.

Nachdem die Verbrennungsgase von der Feuerstelle aus, sofort in einen bedeutend weiten Raum, dem summarischen Querschnitte von sieben Rohren entsprechend, sich verbreiten können, so vertheilt sich die Hitze momentan auf ergiebige Heizflächen. Zudem bleiben die Rohre von der strahlenden Hitze des Feuers, welche hauptsächlich an das Gewölbe *g h* anprallt, zum grossen Theile verschont. Von einem Glühendwerden dieser Rohre kann daher gar keine Rede sein. Die Temperatur der Heizflächen ist sogar schon im Beginne der Rohre ausnehmend mild.

Einen solchen Apparat habe ich in dem städtischen Schulhause, V., Wienstrasse 97, für sechs Lehrzimmergrössen, nämlich für drei Lehrzimmer, einen Turnsaal und eine Garderobe ausgeführt. Die Temperatur der ausströmenden Gase war 125° C. bis 140° C., und die Heizflächen kann man, ohne Gefahr sich zu verbrennen, durch Berührung mit der Hand bezüglich ihrer Temperatur untersuchen.

Die Brennstoff-Oekonomie ist eine sehr günstige, wie schon aus der niederen Temperatur der abziehenden Verbrennungsgase hervorgeht. Diese Oekonomie wird noch erhöht, wenn die Rohre nicht mit glatter Oberfläche, sondern senkrecht gegen ihrer Länge oder gleichlaufend mit derselben gerippt, oder aber in irgend einer Weise mit rauher, unebener Oberfläche gegossen werden. Diese Art der Ausführung beabsichtige ich auch in Anwendung zu bringen, wenn mit dem Raume gespart werden muss.

Dieser Apparat bietet gewichtige Vortheile. Derselbe ist höchst einfach und von unabsehbarer Dauer, weil zufolge der niederen Temperatur der Heizflächen und der Unmöglichkeit eines Glühendwerdens die Rohre gar nie zu Grunde gehen können.

Die Luftdichtheit eines jeden Rohres kann vor dessen Verwendung auf einen bestimmten Druck untersucht

werden, ebenso wie man auch leicht in der Lage ist, jedes der Rohre einer Erwärmungsprobe dadurch zu unterziehen, dass man es dem Durchströmen von Verbrennungsgasen aussetzt. Das gesammte Rohrsystem wird auf Eisenbahnschienen aufgelegt, wie es aus der Zeichnung ersichtlich ist. Auf die freien Enden werden dünne Blechwände geschoben, und mittelst Eisenkitt und Spannringen gedichtet. Nachdem die Wände biegsam sind, so können sich die Rohre bei ihrer Erwärmung ungehindert ausdehnen ohne die Verdichtungsstellen zu alteriren. Die Blechwände breiten sich über den ganzen Querschnitt des Apparates aus und schliessen somit den Feuerraum und den Rauchcanal vollständig luftdicht von der Luftkammer ab. Jedes Rohr kann, wenn es einmal nöthig würde, für sich herausgenommen und ausgewechselt werden.

Auch die Herstellungskosten sind geringer als bei den gebräuchlichen Apparaten. Denn dieselben stellen sich ungeachtet der vorgenannten sehr reichlichen Heizflächen noch immer um mehr als fl. 50 per Lehrzimmer geringer heraus.

Für eine Schule von 28 Lehrzimmergrössen summiren sich daher die Minderkosten auf wenigstens fl. 1400.

Je nach den örtlichen Verhältnissen können die Dimensionen der Rohre, sowie ihre Anzahl und Gruppierung mannigfach variirt werden. Ebenso sind bezüglich der Pyrometerrohre *d*, der Warmluftrohre etc. verschiedene Combinationen möglich.

Das Eigenthumsrecht dieser meiner Erfindung ist mir durch Patentirung gewahrt.

Wir kommen nun wieder auf die Heisswasserheizung zurück, weil doch die Frage zu erwarten steht, ob nicht die Fussbodenrohre jenes Systems, welche nebst den Spiralöfen die Erwärmung zu besorgen haben, besondere Vorzüge haben, indem sie die unterste Luftschichte wärmen.

Hierüber habe ich besondere Untersuchungen angestellt, die einen interessanten Aufschluss geben.

Bei einer Aussentemperatur von + 2° C. wurden bei den Luftheizungen, die ich in der Ober-Realschule, I., Hessgasse, und in der Bürgerschule, I., Werderthorgasse herstellte, Thermometer-Beobachtungen vorgenommen, und zwar nahe am Fussboden und in der Höhe von 1½^m darüber. Ich erhielt in der Schule, Hessgasse, diese Differenzen mit 0·8° bis 1·75° C. In der Schule, Werderthorgasse, 1·0° bis 1·3° C.

Demnach gaben diese beiden Luftheizanlagen Temperatur-Differenzen von 0·8° bis 1·75° C. Das erstere dieser Objecte ist aber ein Neubau, der erst mit Beginn der verflossenen Heizperiode zur Benützung kam, und dessen noch nicht vollständige Austrocknung einen Einfluss auf die erhobene grössere Ungleichheit der Differenzen gehabt haben mochte. Dagegen war das zweite Object schon die vorvorherige Heizperiode in Benützung, und ist daher als ausgetrocknet zu betrachten. Als massgebender wären daher die bei diesem Schulobjecte erhaltenen Differenzen von 1° bis 1·3° C. anzunehmen.

Die Heisswasserheizung in der Volksschule, II., Sperlgasse, gab 0° bis 0·9° C. und die Warmwasserheizung in der Schule, V., Grüngasse, ergab 0·5° bis 1·6° C. als Temperatur-Differenz. Diese beiden Schulen bestehen so lange wie die früher genannte in der Werderthorgasse.

Im ersten Momente mag man es zu Gunsten der Heisswasserheizung hervorheben, dass die Differenz der Temperatur am Fussboden und in $1\frac{1}{2}$ m Höhe sogar Null werden könne; aber bei näherer Untersuchung stellt es sich doch in Frage, ob die Heisswasserheizung im Vortheile sei.

Denn die, wenn auch geringe, aber doch sichere Temperatur-Differenz bei der Luftheizung wirkt dahin, dass die verdorbene Luft gegen den Boden sinken wird, weil die einströmende frische, erwärmte Luft eine höhere Temperatur hat, als die Zimmerluft, daher die höheren Luftschichten bildet. Es dürfte sich daher über dem Fussboden wesentlich der verdorbene Bodensatz der Zimmerluft aufhalten.

Weil aber auch die Abzugsöffnung immer nahe am Fussboden angebracht wird, so zieht durch jene Oeffnung die besagte verdorbene Luft direct ab, und gestattet der erneuerten Zimmerluft von den höheren Partien sich allmählig zu den Schichten der Athmungshöhe herabzusinken.

Dieser nach einfachem Gesetze vor sich gehende Luftwechsel, wenn er ungestört vor sich geht, begünstigt den Erfolg der Ventilation.

Entgegengesetzt wird es sich bei der Heisswasserheizung verhalten. Hier wird der erwähnte Bodensatz der verdorbenen Luft durch die Fussbodenrohre nochmals aufgewärmt, und dadurch sammt dem aufgewirbelten Fussbodenstaube schnell in die Höhe getrieben. In gleicher Richtung wirken auch jene Spiralöfen oder Heizspiralen, die nicht zur Ventilation dienen, sondern durch Circulation die Zimmerluft heizen, sowie jene Heizspiralen, die, wie es häufig vorkommt, beiden Zwecken zugleich dienen. Denn diese saugen die Luft am Fussboden an, und treiben dieselbe nach oben. Dadurch werden die höheren Luftpartien, die erst zur Athmung gelangen, allerdings schon im Vorhinein theilweise ihrer Reinheit beraubt.

Ueber die Grösse der auf solche Art entstehenden Verschiedenheit der zur Einathmung gelangenden Luftqualität, lässt sich aber aus einer blos theoretischen Betrachtung kein verlässliches Urtheil fällen.

Denn würde bei dem Luftheizsysteme blos verdorbene Luft zu Boden sinken, dann müsste sich der Erfolg sehr zu Gunsten dieses Systemes herausstellen. Allein es wird an den abkühlenden Wänden auch unverdorbene Luft herabfliessen, und sich mit der verdorbenen mengen. Nebstdem entsteht die Frage, wie es sich inmitten des Zimmerraumes verhält, woselbst die menschlichen Körper wie Wärmeapparate wirken, die dem gleichförmigen Herabsinken der reinen Luftschichten entgegenwirken.

Man sieht, es handelt sich hier um directe Beobachtung der Luftströmungen in den mit Wasser- und mit Luftheizungen versehenen Räumen. Solche Beobachtungen sind aber sehr schwierig anzustellen, weil nebst den Hauptströmungen sich auch Nebenströmungen ergeben, die auf die Luftmischung grossen Einfluss nehmen können, und weil die oft sehr langsame Bewegung sich nicht leicht verfolgen lässt. Ich halte übrigens die Erforschung der Luftbewegung zwar für sehr wichtig, allein keinesfalls für allein massgebend.

Denn nebst der Mischung, welche direct durch die Bewegung der Luft befördert wird, kommt noch die Eigenschaft

der Diffusion in Betracht, nämlich das Bestreben der Gase und Dämpfe sich im Raume zu verbreiten. Ein selbst mit specifisch schwerer Luftart gefüllter Behälter hält seinen Inhalt auch dann nicht fest, wenn derselbe mit der Luft des Raumes, in welchem er sich befindet, nur mit einem engen Halse in Communication steht. Die schwere Luftart verschwindet allmählig aus dem Behälter, mischt sich gleichförmig mit der Luft im Raume, und der Behälter wechselt seinen früheren Inhalt mit dem auf solche Weise entstandenen gleichförmigen Luftgemische. Ungleich schneller wird somit die Diffusion vor sich gehen, wenn der Behälter anfänglich mit Luft von gleichem, oder geringerem specifischen Gewichte gefüllt gewesen wäre. Es wird sich daher die ausgeathmete Luft, und die durch Lunge und Haut erzeugte Dampfmenge durch Diffusion der ganzen Zimmerluft mittheilen, so dass eigentlich die Luftbewegung, welche aus den Temperatur-Differenzen hervorgeht, und die Diffusion zusammen wirken werden.

Will man daher sicher gehen, so muss man sowohl bei dem einen als auch bei dem anderen der in Rede stehenden Systeme, unter übrigens gleichen Umständen, und namentlich bei gleicher Ventilation, und bei vollständiger Besetzung der betreffenden Schulräume, an verschiedenen Stellen, und in verschiedenen Höhen den Grad der Luftverderbniss untersuchen, indem man in diesen Puncten Kohlensäure-Messungen vornimmt.

Bis jetzt konnte ich keine Zeit finden, in solche Forschungen einzugehen. Da man übrigens bei Luftheizungen mit geringen Kosten der Apparate eine reichliche Ventilations-Fähigkeit erzielen kann, so ist dadurch die praktisch leicht erreichbare Möglichkeit einer Luftreinheit geboten, wie solche, mag nun Diffusion und Luftbewegung wie immer wirken, durch Wasserheizungen nur mit grossen Kosten erreichbar ist.

Jedes Locale erhält seinen eigenen Warmluftschlauch im gleichen Querschnitte von $0.15 \square^m$ für jedes Geschoss. Dieser grosse Querschnitt stellt sich auch für den Zweck einer Sommer-Ventilation als vortheilhaft heraus, worauf ich später noch zurückkommen werde.

Je nach Möglichkeit ziehe ich zwei bis sechs oder auch noch mehrere derselben in je eine Gruppe zusammen. Für eine Doppelschule ergeben sich hiebei gewöhnlich fünf bis sechs solche Gruppen, und wird daher die gleiche Anzahl von Calorifères nöthig. Hiebei befolge ich das Princip, horizontale Luftleitungen möglichst zu vermeiden. Es steigen daher die Schläuche von den Heizkammern meist direct, in senkrechter Richtung nach den Geschossen auf.

Nur wo es nicht ohne erhebliche Mehrkosten zu erreichen ist, habe ich im Kellergeschosse Horizontalleitungen (selbstverständlich etwas ansteigend), ausnahmsweise sogar bis etwa 15^m Länge, ausgeführt.

Die Warmschläuche münden in den Zimmern in einer Höhe von circa 1.9^m aus, so dass die Schubert derselben noch mit den Händen erreichbar sind. Diese Schubert bleiben beständig offen, dienen daher nicht zur Regulirung, sondern sind blos Nothbehelfe für Zufälligkeiten, und würden blos dann von dem Lehrer zu schliessen sein, wenn in Folge Nachlässigkeit des Heizers die Zimmertemperatur zu hoch steigen würde.

Derlei Fälle kommen aber bei ordentlicher Bedienung der Heizungen gar nicht vor.

Diese Warmschuber sind 0.5^m lang und breit, haben daher ein Ausmass von $\frac{1}{4}$ □^m.

Die Regulirung der Einströmung geschieht durch den Heizer vom Apparate aus. Jede Mündung eines Warmschlauches versehe ich mit einer Drosselklappe, in Fig. 25, Blatt 28, mit *i* bezeichnet, um eine verticale Achse drehbar, deren Verlängerung *k k* nach unten am Ende mit einer Kurbel *l* (Fig. 27) versehen ist, die auf einem Grädbogen spielt und festgestellt werden kann.

Es ist nun leicht, jene Normalregulirung auszumitteln, bei welcher sich die Wärmeausströmungen in alle Locale des Hauses nach Bedarf vertheilen.

Dieselbe muss im Versuchswege so geschehen, dass die vorgeschriebene Zimmertemperatur constant erhalten bleibt, wenn die Abströmung der verdorbenen Luft eine zweimalige per Stunde ist.

Diese Ausmittlung gilt dann für alle Aussentemperaturen, indem nach Massgabe der letzteren blos der Schub für die Abströmung der verdorbenen Luft, laut den schon gegebenen Erörterungen einzustellen ist, wogegen die Stellung der Drosselklappen für die Warmeinströmungen dieselbe bleiben kann.

Es wirken auf die genaue Einhaltung der Zimmertemperaturen theils bekannte, theils auch unberechenbare Unbeständigkeiten ein. So z. B. die Windströmungen, welche oft einzelne Locale ausnehmend abkühlen, das Offenlassen von Zimmerthüren oder der Windflügel des einen oder anderen Ganges, wodurch ganze Partien von zu beheizenden Localen eine grössere Abkühlung erfahren, auch wirken die Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade der äusseren Luft etwas unregelmässig u. s. w.

Solche Störungen verursachen gewisse Temperaturs-Ungleichheiten, welchen durch Nachregulirungen an den Drosselklappen abgeholfen werden muss, indem der Heizer jede der Warmluftströmungen nach den Einzelerfordernissen etwas vermehrt oder vermindert.

Nun entsteht die Frage, auf welche Art der Heizer während der Schulunterrichtszeit in die permanente Kenntniss der Zimmertemperaturen gelange, denn ohne diese Kenntniss wüsste er ja nicht, welche Nachregulirungen er an den einzelnen Warmluftklappen vorzunehmen habe.

Hiefür habe ich nun einen besonderen Apparat erfunden, der in Fig. 28 dargestellt ist, und in Folgendem besteht:

In jedem Zimmer hängt ein Thermometer *a* (Fig. 28 und 30, Blatt 28), mittelst Schnur und Rolle so eingerichtet, dass es, in einem Verkleidungskasten sich bewegend, vom Heizer bis in das Kellergeschoss herabgelassen werden kann. Derselbe öffnet nämlich das Verschlussthürchen und zieht den Keil *d* (Fig. 29) aus dem Kloben. Dadurch wird die Schnur frei und das Thermometer fällt herab. Dabei erleidet es keinen Stoss, weil der Knopf *c*, welcher früher mit dem Thermometer im Punkte *c*, Fig. 28, oben war, nunmehr (Fig. 28) an den Kloben *e* (Fig. 30) stösst, und in diesem Momente das Thermometer *f* (Fig. 30) mit seiner angesammelten Kraft die Elasticität der gesammten Schnurlänge von *f* (Fig. 30) aufwärts über die Rolle bis herab zum Kloben *e* (Fig. 30) in Anspruch nimmt.

Das Thermometer ändert in den wenigen Secunden seiner Fallzeit die Temperatur-Anzeige nicht im mindesten, daher der Heizer die genaue Zimmerwärme momentan erfahren kann.

Nach erfolgter Ablesung zieht der Heizer das Thermometer wieder auf, treibt den Keil *d* wieder fest und schliesst durch das daselbst angebrachte Thürchen den Kasten hermetisch ab. Ob das Thermometer im Zimmer in der richtigen Höhe angelangt sei, entnimmt der Heizer aus der Hemmung, die entsteht, sobald der Knopf *b* (Fig. 28) an den dortigen Kloben anstösst.

Das Thermometer wird durch das vorspringende Dach des Kastens vor dem Luftstrome geschützt, welcher sich an der Mauer abkühlend nach abwärts bewegt. Ungeachtet dessen zeigt es eine etwas niedrigere Temperatur an, als ein in der Zimmermitte aufgehängtes Thermometer. Um diese Differenz auszugleichen, bringe ich eine bewegliche Scala an, die mittelst Schlitz *g* und *h* (Fig. 31) auf- und abgeschoben und mittelst der angedeuteten Schrauben festgestellt werden kann. Demnach kann ich im Versuchswege die Scala an einer Stelle festschrauben, in der die Ablesungen mit der mittleren Zimmertemperatur übereinstimmen.

Eine solche Thermometer-Correspondenz habe ich bereits in zwei Communal-Lehranstalten eingerichtet, jedoch nach einer anderen Construction, indem ich anstatt der Holzkästen Gasrohre anwendete und im Keller einen besonderen Aufzugsmechanismus anbrachte. Diese Einrichtung erforderte per Schule 800—900 fl. Meine nunmehrige eben beschriebene Vorrichtung ist aber nicht nur bedeutend billiger, indem sie per Schule nur 300—400 fl. kostet, sondern ist auch bezüglich der Handhabung weit einfacher und zweckmässiger.

Auf diese Temperatur-Correspondenz, sowie auch auf die beschriebenen Rectifications-Thermometer habe ich mir im gesetzlichen Wege das Prioritätsrecht gesichert.

Somit kann der Heizer, so oft er es erfahrungsgemäss als nöthig erachtet, in die Kenntniss aller Temperaturen der beheizten Räume des Hauses gelangen, kann hiernach die Drosselklappen der Warmeinströmungen, sowie auch erforderlichenfalls die Feuerungen reguliren.

Erst eine so eingerichtete Luftheizung verdient den Namen einer Central-Heizung im vollsten Sinne des Wortes, denn der Heizer kennt beständig alle Temperaturen im Hause und beherrscht dieselben auch, ohne sich von den Heizapparaten entfernen zu müssen. Er hat es auch in seiner vollständigen Gewalt, von den normalmässigen Temperaturen abzugehen, insofern es etwa verlangt werden sollte, und er kann sogar über Anschaffung die Temperatur der einzelnen Locale in beliebiger Verschiedenheit erzeugen und ohne weiters für deren Genauigkeit bis auf den Grad einstellen.

Die Luftheizung, dem Wesen nach schon im Mittelalter bekannt, aber erst durch Professor Meissner zu einem vollständigen Systeme ausgebildet, hätte längst eine weit allgemeinere Anwendung gefunden, wenn die Functionirung bezüglich präciser Einhaltung der Temperaturen in den beheizten Localen durch irgend eine Vorrichtung dem Heizer ermöglicht worden wäre.

Die Fig. 31, Blatt 28, stellt den Durchschnitt einer Heizgruppe dar, und gibt daher von dem Principe meines Systems ein Bild.

F ist der Calorifere, welcher bei *M* zu heizen ist, durch das Rauchrohr *K* werden die Verbrennungsgase in den Schlot abgeführt. Die frische Luft strömt bei einer oder mehreren ver-gitterten Oeffnungen *B* ein, zieht nach abwärts in die Luft-

kammer *C* und von da durch den Luftcanal *E* unter den Heizapparat, erwärmt sich hier, den Apparat ringsum bestreichend, und steigt in den oberen Raum *G* der Heizkammer, von wo sie durch die Oeffnungen *H* in die Mauerschläuche *J* gelangt, welche in die zu beheizenden Locale münden.

Die untere mehr dem Staube ausgesetzte Oeffnung *A*, sowie die Oeffnung *D* der Heizkammer sind mit Fenstern dicht geschlossen und dienen zur Beleuchtung des Kellergeschosses.

Bei *H* sind die früher besprochenen Drosselventile zur Regulirung der Warmabströmungen eingesetzt, und möglichst nahe bei dem Apparate befinden sich die schon erörterten Aufzug-Thermometer-Vorrichtungen für jene Locale nebeneinander, die zur Heizgruppe gehören.

Betrachten wir nun noch die weiteren, mannigfachen Vortheile einer solchen Luftheizung, so treten die Wasserheiz-Systeme noch mehr in den Hintergrund.

Vor Allem muss ich in dieser Hinsicht bemerken, dass ich die Luftheizungen ohne Circulations-Einrichtung herstelle. Es wird daher mit Ventilation angeheizt, und bis Beginn des Vormittags-Unterrichtes ist bereits das Haus in allen seinen Heizräumen mit einem permanenten frischen Luftstrom durchzogen, der die Luft in denselben vielfach erneuert.

Staubcirculation, Staubverbrennung oder Aufwärmung alter, verdorbener Luft ist hier unmöglich.

Die stricte Einhaltung der vorgeschriebenen Temperatur und die Möglichkeit, den Warmluftstrom, also die Heizquelle, momentan absperrn zu können, wenn plötzlicher Witterungsumschlag oder eindringender Sonnenschein es erforderlich machen sollte, bieten in Bezug auf Hygiene und Annehmlichkeit alles, was man wünschen kann.

Jedes nächtliche Nachheizen bei herrschender Kälte oder in Ferialtagen, sowie jedes Mitheizen unbenützter Locale, oder die Nothwendigkeit, ganze Gruppen von Räumen heizen zu müssen, wenn an Sonntagen oder Ferialtagen ausnahmsweise Unterrichtsstunden in einzelnen Localen stattfinden sollen, entfällt bei der Luftheizung gänzlich und gibt ihr einen ausserordentlichen Vorzug vor den Wasserheiz-Systemen.

Bezüglich der Reinlichkeit der Localitäten, Gänge und Stiegen ist die Luftheizung allen anderen Systemen vorzuziehen. Nicht nur, dass jeder Kohlen- und Aschentransport in diesen Räumen entfällt, so kommt bei einer solchen nur für Ventilation eingerichteten Heizung auch keine Circulation des Zimmerstaubes vor. Würde man auch ohne Rücksicht auf die Kosten Wasserheizungen, ebenfalls nur für Ventilation eingerichtet, herstellen, so würden immer noch die Heizkörper, Fussbodenrohre etc., die sich in den Localen befinden, eine Veranlassung zur Staub- und Mistablagerung geben, was um so misslicher ist, weil man, wie ich schon einmal erwähnte, ohne Beschwerlichkeit eine gründliche Reinigung dieser Objecte nicht vornehmen kann, und daher eine solche Reinigung häufig unterbleibt, oder nur unvollkommen vorgenommen wird.

Solche Staubbehälter gibt es aber bei einer Luftheizung nicht. Daher die auffallende Reinlichkeit und Staubfreiheit in Schullocalitäten, die eine in erörterter Weise eingerichtete Luftheizung besitzen.

Die Brennstoff-Oekonomie ist eine vorzügliche. Denn die Apparate lassen sich für ein Maximum der Wärmeausnützung

construiren, und eine Wärmever Schwendung in Folge einzelner Ueberheizungen kann bei den beschriebenen Regulirungs-Vorrichtungen und der minutiösen Thermometer-Correspondenz nicht vorkommen.

Namentlich zeigen die Vergleichen der Heizresultate in den Schulen mit und ohne Aufzug-Thermometer, wie gross die Brennstoff-Ersparniss ist, welche durch letztere erzielt wird, was übrigens leicht erklärlich ist. Denn der Heizer kann, wenn er in Zweifel ist, ob er noch nachlegen soll, sich die Thermometer herablassen und sich danach richten; wogegen er bei dem Mangel einer solchen Temperatur-Correspondenz auf's gerathewohl darauf losheizen muss.

Es liegt wohl die Frage nahe, ob nicht die ausschliessliche Ventilations-Functionirung zu einem erheblichen Mehrverbrauche von Kohlen führe. Wenn man aber bedenkt, dass ohnedies in den Unterrichtsstunden ventilirt werden muss, so kann sich der Unterschied nur auf die kurze 2- bis 2½-stündige Anheizungszeit beschränken, und es fragt sich dann, ob die Ersparung wirklich bedeutend sei, wenn man in dieser Anheizzeit anstatt mit beständiger frischer Luftzufuhr zum Heizapparate mit der durch den Apparat circulirenden Zimmerluft arbeitet. Hiebei ist zu berücksichtigen, dass die Differenz dieser Zimmerluft gegen die äussere in der Zeit des Anheizens geringer ist, als zur Zeit der im Zimmer schon erreichten normalen Wärme; daher der mittlere Unterschied, ob die niedrig temperirte Zimmerluft durch Circulation oder nur äussere frische Luft während der Anheizung dem Apparate zur Erwärmung zugeführt werde, offenbar nicht sehr gross sein kann.

Ich habe einige Vergleichsversuche in dieser Hinsicht angestellt, und einen Unterschied im Brennstoffbedarfe gefunden, der beinahe durch die jährlichen Interessen der Mehrkosten aufgewogen wird, welche die complicirtere Circulations-Einrichtung erfordert.

Eine weitere Frage wird sich, wie ich glaube, noch aufdrängen: wie es nämlich mit der Ventilation dann stehe, wenn man etwa genöthigt wäre, die Warmklappe irgend eines Zimmers bedeutend zu schliessen, um das sich zeigende Uebermass irgend einer Zimmertemperatur abzustellen.

Denn sobald in einem solchen Falle die Wärmeausströmung nach dem Locale ausgiebig verringert wurde, müsste auch das Luftabströmungs-Quantum und hiermit der Luftwechsel empfindlich verringert werden.

Die Antwort hierauf kann ich aus der Praxis leicht mittheilen. Das Vorhandensein der Aufzug-Thermometer gestattet eine Temperaturs-Controle in beliebig kurzen Zeiträumen. Es kann daher zu gar keinen bedeutenden Ueberheizungen kommen, weil der Heizer Unregelmässigkeiten zu entdecken vermag, bevor dieselben zu einer bedeutenden Grösse anwachsen können. Die fraglichen Nachregulirungen an den Warmschubern bestehen daher gewöhnlich nur in kleinen Rectificationen, die auf die Ventilirung keinen fühlbaren Einfluss haben.

Nun bleibt noch ein vermeintlicher Mangel der Luftheizung zu besprechen übrig, der zu den abenteuerlichsten Behauptungen geführt hat. Ich meine die Luftaustrocknung.

Darüber muss ich mich daher gründlich aussprechen.

In der Luft findet sich immer ein gewisser Grad von Feuchtigkeit in Dampfform, d. i. in Gasform vor.

Je höher die Temperatur der Luft, desto mehr Wasserdampf kann dieselbe vertragen. Jedem Temperaturgrade entspricht daher ein gewisses Maximum der Dampfmenge.

So z. B. verträgt 1^{kbm} Luft von 0° höchstens 5° Feuchtigkeit, wogegen für Luft von 20° C. das Maximum schon 17° beträgt.

Wird eine mit Wasserdampf gesättigte Luft abgekühlt, so vermag sie daher einen Theil desselben nicht mehr zu ertragen, und dieser Theil nimmt eine Dunstform an, die sich als Wasser an den Wänden oder Fussböden ablagert.

Wird aber eine mit Wasserdampf gesättigte Luft auf einen höheren Temperaturgrad gebracht, so erhält sie die Fähigkeit, noch eine grössere Quantität von Wasser in Gasform aufnehmen zu können, und erhält daher das Bestreben, aus den Körpern oder Substanzen, mit welchen sie in Berührung kommt, Feuchtigkeit herauszuziehen.

Weder eine mit Wasserdampf gesättigte, noch eine mit geringer Feuchtigkeit versehene Luft ist für den menschlichen Organismus zuträglich.

Das richtige Mass, nämlich die der Hygiene entsprechende relative Feuchtigkeit der normal erwärmten Zimmerluft, ist bekanntlich 40% bis 60%.

Die äussere Luft hat nach angestellten Beobachtungen in den kälteren Monaten eine relativ grössere Feuchtigkeitsmenge, und zwar im October und Februar circa 79% und im November, December und Jänner circa 85% bis 86%.

Wird diese Luft aber erwärmt, so wird ihr Sättigungs-Maximum erhöht, daher die vorhandene Feuchtigkeit dann nicht mehr 85% bis 86%, sondern weniger betragen wird. Dagegen bekommt diese durch Erwärmung in dem Zimmerraum eintretende Luft Gelegenheit, die Dünste der anwesenden Personen aufzunehmen und ihren Feuchtigkeitsgrad dadurch wieder zu erhöhen. Es fragt sich nun, ob dieser erhöhte Feuchtigkeitsgrad ein genügender sein werde.

Darüber will ich einen möglichst genauen Calcul anstellen.

Zu diesem Behufe müssen wir uns vor Allem über die Feuchtigkeitsmenge in's Klare setzen, welche ein Individuum abgibt.

Nach Ludwig's „Handbuch der Physiologie“ hat Valentin bei Beobachtungen an acht Studenten eine Feuchtigkeitsmenge von 540° gefunden, welche jeder derselben durch Ausathmung abgab. Hievon ist aber die Feuchtigkeit in Abzug zu bringen, welche die eingeathmete Luft hatte. Wahrscheinlich hat Valentin seine Beobachtungen bei gewöhnlicher Zimmerwärme gemacht. Ich nehme daher rund + 20° C. und einen 50percentigen Sättigungsgrad an. Nachdem Luft dieser Temperatur 17° per Kubikmeter aufzunehmen vermag, so ist demnach 8·5° als vorhanden gewesene Luftfeuchtigkeit per 1^{cbm} anzunehmen.

Nach Vierordt's Beobachtungen kann das Luftvolumen eines Athemzuges mit 500—600^{kbm} angenommen werden. Für etwa 20 Athemzüge per Minute ergeben sich daher 10.000 bis 12.000^{kbm} und per Stunde 600.000 bis 720.000^{kbm} = 0·6 bis 0·72^{kbm}. Somit in 24 Stunden 14·4 bis 17·28^{kbm}.

Nach Obigem ist per Kubikmeter 8·5° zu rechnen, gibt 14·4 × 8·5 bis 17·28 × 8·5, d. i. 123 bis 147°.

Demnach hat man per 24 Stunden:

Ausathmung 540°

Einathmung 123 bis 147°

bleiben 417 bis 393° als abgegebene Feuchtigkeit.

Die Hautausdünstung beträgt täglich 500 bis 800°, wofür jedoch die kleinere Zahl zu nehmen, indem es sich um Personen handelt, die ruhig sitzen, also keine forcirte Hautausdünstung haben.

Somit an Feuchtigkeitsabgabe

durch die Lunge 417 bis 393°

„ „ Haut 500 „ 500°

Zusammen 917 bis 893° per 24 Stunden.

Hieraus ergibt sich per Stunde eine Feuchtigkeitsabgabe von 38 bis 37°.

Nach den Versuchen, welche Dr. Pettenkofer und Professor Voit in München mit Hilfe eines grossen Respirations-Apparates anstellten, ergab sich für einen in Ruhe befindlichen Menschen durch Athmung und Haut eine Verdunstung von 900° Wasser per 24 Stunden, was per Stunde 37½° gibt. Dieses direct gefundene Resultat stimmt mit den oben auf dem Wege der Rechnung ermittelten völlig überein.

Ich nehme daher für den nachfolgenden Calcul eine Feuchtigkeitsabgabe per Schüler mit rund 38° per Stunde, und eine Feuchtigkeit der äusseren Luft für die strengeren Wintermonate von 85% an.

Bei — 10° C. ist das Sättigungsquantum 2·3°, wovon daher 85%, d. i. 1·96° wirklich vorhanden sind. Diese Luft auf eine Zimmerwärme von rund + 20° C. gebracht, bekommt aber dadurch die erhöhte Sättigungsfähigkeit von 17° per Kubikmeter, und begnügt man sich mit 40% Feuchtigkeit, so müsste dieselbe 6·8° per Kubikmeter enthalten. Nachdem dieselbe aber in Wirklichkeit nur 1·96° enthält, so mangelt dieser erwärmten Luft ein Quantum von 6·8 — 1·96 = 4·84° per Kubikmeter gegen den Feuchtigkeitsgrad, der für den menschlichen Organismus zum mindesten gefordert werden muss.

Nimmt man nun ein Lehrzimmer von 240^{kbm} Inhalt und einer circa dreimaligen Lufterwärmung per Stunde an, so beträgt der Mangel an nöthiger Feuchtigkeit

$$240 \times 3 \times 4\cdot84 = 3485^\circ \text{ per Stunde.}$$

Ein Volksschul-Lehrzimmer dieser Grösse fasst aber circa 80 Schüler, welche nach Obigem per Stunde $80 \times 38 = 3040^\circ$ Feuchtigkeit erzeugen.

Der eigentliche Mangel an Feuchtigkeit reducirt sich daher auf

$$3485 - 3040 = 445^\circ$$

$$= 0\cdot445^\circ \text{kg}$$

$$= 0\cdot445^\circ \text{kbdem per Stunde.}$$

Bei Annahme von 6 Stunden Unterrichtszeit per Tag, müsste daher für jedes Lehrzimmer eine künstliche Verdunstung von $6 \times 0\cdot445 = 2\cdot67^\circ \text{kbdem}$ eingeleitet werden, und wenn ein Calorifer etwa 5 Lehrzimmer zu beheizen hat, so müsste in der Heizkammer desselben eine Schale angebracht werden, die an solchen ausnahmsweise kalten Tagen, von — 10° C., ein tägliches Wassermanquantum von $5 \times 2\cdot67 = 13\cdot35^\circ \text{kbdem}$ zur Verdunstung zu bringen vermöchte.

Reducirt man aber die Ventilation auf eine 2½malige Lufterneuerung per Stunde, so ergäbe sich gar kein Mangel an nothwendiger Feuchtigkeit der Luft im Lehrzimmer.

Günstiger gestaltet sich die Sache noch bei milderer Aussen-temperatur. Setzt man nämlich 0° voraus, welcher Temperatur das Sättigungsquantum von 5° entspricht, so ergeben sich 85% hievon, nämlich 4·25° als in der äusseren Luft per Kubikmeter vorhandene Feuchtigkeitsmenge.

Der Abgang bei $+20^{\circ}\text{C}$. Zimmertemperatur berechnet sich ähnlich wie früher, wenn man 50% Feuchtigkeit fordert, anstatt wie früher bloß 40%, mit

$$8.5 - 4.25 = 4.25^{\circ}\text{ per Kubikmeter.}$$

Bei der äusseren Temperatur, welche ich hier voraussetzte, habe ich aber in meiner Besprechung der Ventilation eine circa $2\frac{1}{2}$ malige Luftreinigung angenommen. Für den früher angenommenen Rauminhalt berechnet sich daher

$$2\frac{1}{2} \times 4.25 \times 240 = 2720^{\circ}$$

als Abgang per Stunde, welcher aber durch die Feuchtigkeitsabgabe der Schüler, die mit 3040 $^{\circ}$ per Stunde berechnet worden ist, noch übertroffen wird; daher in diesem Falle keine künstliche Verdunstung nöthig wäre.

Man sieht aus den gerechneten zwei Beispielen, dass in den wenigsten Fällen eine Nachhilfe durch künstliche Verdunstung nothwendig werden wird. Es stellt sich in diesen Beispielen aber auch klar vor Augen, dass eine übermässige Ventilation zur austrocknenden Luftbeschaffenheit führen müsste, weil die Feuchtigkeitsabgabe der anwesenden Kinder nicht mehr hinreichen würde, die erwärmte frische Luft auf den Feuchtigkeitsgrad von Minimum 40% zu bringen.

Der durchgeführte Calcul findet auf alle Heizsysteme Anwendung, denn es hat auf den Feuchtigkeitsgrad der erwärmten Luft gar keinen Einfluss, ob die Erwärmung durch Metall- oder Thonheizflächen geschieht, und ob im Innern der Apparate Verbrennungsgase, Wasser oder Dampf die Wärmequellen seien. Allein nur die erzeugte Lufttemperatur, nämlich die Temperatur-Erhöhung ist massgebend für das Feuchtigkeitsverhältniss, in welches die äussere Luft durch die Erwärmung gelangt.

Hieraus geht nun klar hervor, dass die Luftheizung keine Ausnahme machen kann, und derselben auch keine andere luftaustrocknende Wirkung zukommt, als diejenige, die sich bei allen anderen Heizarten ebenso ergibt.

Wir haben jetzt die Frage der Luftfeuchtigkeit rein theoretisch behandelt, weil dadurch die thätigen Gesetze in ihrer Wirkung einfach und klar hervortreten. Nun müssen wir aber in Betracht nehmen, dass in den Localen sowohl die Wände als auch Plafond und Fussboden hygroskopisch sind, und dadurch die Function von Regulatoren übernehmen. Dieselben ziehen Feuchtigkeit aus der Luft an sich, wenn letztere einen relativen Ueberschuss hat, und geben wieder Feuchtigkeit ab, wenn die Luft verhältnissmässig trocken ist. Durch diese Einflussnahme der Wände, des Plafonds und Fussbodens wird aber das reine Rechnungsergebniss, wie ich es eben entwickelte, mehr oder weniger modificirt.

Noch ist zu bemerken, dass bei nebliger, nasser Witterung, Schneefall etc. durch die Kleider und Fussbekleidung der Schüler Feuchtigkeit in die Lehrzimmer getragen wird, die ebenfalls zu berücksichtigen ist.

Wir haben uns das betrachtete Lehrzimmer als mit Schülern normalmässig besetzt, in unserem Calcule gedacht. Wäre aber nur eine geringere Anzahl Schüler anwesend, so müsste man strenge genommen auch das Mass des Luftwechsels verhältnissmässig verringern, und den Calcul danach einrichten; welcher dann dieselben Ergebnisse liefern würde, wie wir sie bei vollständiger Besetzung der Schule erhalten haben.

Die Hygrometer-Beobachtungen lehrten, dass man in nicht übermässig ventilirten Räumen nicht darüber besorgt zu sein brauche, dass die Luft zu trocken oder zu feucht werde.

Der k. k. Regierungsrath E. Walser hat es sich als Director der neuerbauten Ober-Realschule, I., Hessgasse, woselbst die Luftheizung mit Eintritt der verflossenen Heizperiode zur Benützung kam, angelegen sein lassen, vergleichende Hygrometer-Beobachtungen über die Luftbeschaffenheit anzustellen. Er fand dermalen keinen Unterschied der Luftfeuchtigkeit in den dortigen Localitäten, die mit Luftheizung und mit Thonöfen versehen sind. Diese Beobachtungen werden aber in der nächsten Heizperiode fortgesetzt, um zu erfahren, ob dieses Ergebniss bei vorgeschrittener Austrocknung des Gebäudes alterirt werde.

Unsere nunmehrigen Betrachtungen und Berechnungen sind ganz allgemein gehalten, und es wird kein Wort und keine Ziffer alterirt, welcher Art auch immer die Heizeinrichtung sei, durch die wir uns die Zimmererwärmung von $+20^{\circ}\text{C}$. erzeugt dachten. Alles Gesagte ist daher ebenso giltig, ob die Erwärmung durch einen Ofen oder einen Calorifere geleistet werde.

Worin könnte also ganz speciell die vielbehauptete Austrocknung bei Luftheizungen liegen, wenn es überhaupt für dieses System ein specielles Plus der Feuchtigkeits-Entziehung gäbe. Sicherlich nur in demjenigen Theile dieser Heizung, der ihr eigenthümlich ist; und da könnte man nur den Warmluftschlauch nennen. Denn der Ofen selbst, ob er im Zimmer steht, oder im Keller als Calorifere aufgestellt ist, kann offenbar nur auf gleiche Weise wirken.

Diesem Schlauche müssten nun alle zahlreichen Uebel zugeschrieben werden, deren man das ganze Luftheizsystem als schuldig erkannte, und die da sind: Kopfschmerzen, Schwindel, Uebelsein, Zittern, Athembeklemmung, Beängstigung, Krämpfe, Aufregung, Depression, Fieber, Abspannung, und wie ich in neuester Zeit hörte, sogar auch Nasenbluten. Merkwürdig ist aber dabei, dass dieser Warmluftcanal eine von seiner Länge ganz unabhängige Gefährlichkeit haben müsste; da im letzten Stockwerke diese Uebel gerade so vorkommen sollen, wie zu ebener Erde, wo er nur eine Länge von vielleicht $2\frac{1}{2}^{\text{m}}$ hat.

Man möchte aber jenem Warmcanale sehr unrecht thun, ihn zum Sündenbocke zu stempeln; denn er ist offenbar nicht bloß unschuldig an den genannten Uebeln, sondern er hat sogar durch seine hygroskopische Natur die Eigenschaft als Regulator der Feuchtigkeit mitzuwirken, ähnlich wie ich es bezüglich der Zimmerwände erörterte.

Welchen factischen Ursachen die genannten Uebeln, insoferne eines oder das andere durch die Luftheizung hervorgerufen wurde, entstammen können, ist aber leicht zu erklären, wenn man davon abgeht, dem Systeme die Schuld zu geben, und sich entschliesst, das Uebel an der Quelle aufzusuchen. Ist nämlich der Heizapparat undicht, so ist die Gefahr vorhanden, dass Kohlenoxydgas in die Heizkammer ausströme, welches seinen Weg nach den Zimmerräumen nimmt. Wird der Apparat glühend, so ist nebst der Luftverschlechterung durch Staubverbrennung nach den Versuchen von Morin, Deville und Troost die Möglichkeit geboten, dass Kohlenoxydgas auch durch die gusseisernen Heizflächen dringe, welches gleichfalls seinen Weg nach den beheizten Räumen nimmt.

Das Kohlenoxydgas wirkt als Gift auf den menschlichen Organismus, und es dürften dann die erwähnten Krankheitserschei-

nungen um so eher bei Luftheizungen eingetreten sein, wenn sie bei mangelhafter Construction der Heizapparate obendrein noch mit Circulations-Einrichtungen versehen waren. Denn bei Anlagen, die nur mit Ventilation functioniren, werden die luftverderbenden Beimischungen schnell wieder abgeführt und können daher nicht leicht gefährlich werden; dagegen sammeln sich dieselben bei blosser Luftcirculation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Circulations-Heizungen der Heizer oft aus Fahrlässigkeit oder Unkenntniss bei Beginn der Unterrichtsstunden die Circulation gar nicht abstellt, oder manchmal gar nicht abstellen kann, wenn die betreffenden Klappen oder Schubler beschädigt sind. Ja es kommt bei mangelhafter Anlage sogar vor, dass ungeachtet der richtigen Schubereinstellung die Ventilation einzelner Locale versagt. Bei Luftheizungen, die mit Circulation und Ventilation functioniren, kommt es daher nur zu häufig vor, dass sich die Circulations-Einstellung nicht auf die Anheizzeit beschränkt, sondern dass die Heizung auch in der Zeit, als sich Menschen im Locale aufhalten, ohne Ventilation arbeitet. Daher die mögliche Steigerung der Luftverderbniss.

Ich muss aber aufmerksam machen, dass die Kohlenoxyd-Vergiftungen ebenso auch bei den Stubenöfen vorkommen, weil zwischen Stubenöfen und Calorifere nur in Bezug auf die Grösse und den Aufstellungsort, nicht aber bezüglich der Functionirung ein Unterschied obwaltet.

Wie es nun dennoch komme, dass man irrigerweise alle gesundheitsschädlichen Erscheinungen auf die vermeintliche Luft-austrocknung geschoben hat, lässt sich auch erklären. Das Kohlenoxydgas ist nämlich, wenn es rein ist, geschmack- und geruchlos, und kündigt sich daher dessen Vorhandensein nicht sofort an.

Rein ist es aber selbst bei Steinkohlenfeuerungen, wenn sie einen guten Zug haben, wonach die rückbleibende Gluth die Eigenschaft hat, dieses Gas, ohne Beimischung übelriechender Bestandtheile, zu entwickeln. Während des lebhaften Feuers ist jedenfalls weniger zu besorgen, weil die Feuergase durch die Undichtheiten des Apparates luftsaugend, und nicht luftausströmend wirken, und die entgegengesetzte Wirkung seltener vorkommen wird. Sobald aber nur mehr die Gluth vorhanden und der lebhafte Zug vorüber ist, und somit Gegenstösse des Windes durch den Schlott oder Gegenströmungen aus verschiedenen Ursachen sich bilden können, so treten die Gase durch die Undichtheiten in die Heizkammer, und gelangen somit in die Heizräume.

Wird nun nach besagter Art das Kohlenoxyd geruchlos entwickelt, und dessen Verbreitung im Zimmerraum daher nicht wahrgenommen, so schiebt man die Ursache des Unbehagens auf die wahrnehmbaren Erscheinungen, die als unangenehm empfunden werden. Weil nun häufig die Oeffnungen für die warme Luft weit unten, oft sogar nahe am Fussboden angebracht sind, und somit die warmen Ausströmungen für die nächste Umgebung austrocknend wirken müssen, weil ihre Feuchtigkeit für deren hohe Temperatur eine zu geringe ist, so entsteht der Verdacht, es müsse die Luft im ganzen Zimmer zu trocken sein, und nun wird geglaubt, diese Trockenheit des heissen Luftstromes sei der Grund aller genannten Uebel. Denn der Laie kann es sich nicht klar machen, dass der gedachte partielle Luftstrom, wenn er sich mit der übrigen Zimmerluft mischt, und dadurch die hohe Temperatur verliert, den richtigen Feuchtigkeitsgrad besitzen muss.

Sehr interessant ist es, dass man sogar der Luftbewegung die austrocknende Wirkung zuschrieb, die bei Luftheizungen

behauptet wurde, nachdem man nicht in der Lage war, mit Hilfe von Hygrometern einen grösseren Trockenheitszustand der Luft nachweisen zu können, als er sich bei anderen Heizsystemen ergibt. Hierbei wurde das Luftheizsystem sehr ungerecht beurtheilt, weil ihr die bessere Ventilations-Fähigkeit, die sie gewöhnlich besitzt, zum Nachtheil angerechnet wurde. Eine ganz gleiche Luftbewegung bringen aber alle Heizsysteme hervor, wenn man sie so reichlich mit Heizflächen versorgt, dass sie ähnlich wie die Luftheizung zu ventiliren vermögen.

Selbst der rühmlichst bekannte Professor Dr. Wolpert gab sich dieser Hypothese hin, und gab in seinem Werke über „Ventilation und Luftheizung“ eine complicirte, physikalische Theorie hierüber.

Doch widerruft er diese Theorie 14 Jahre später in einem Aufsätze, den er in einer Broschüre des Eisenwerkes Kaiserslautern veröffentlichte, nachdem er sich im Wege der Beobachtung überzeugte, dass die gedachte Hypothese jeder Begründung entbehre.

Er sagt aber nunmehr, die milde Luftbewegung macht die Zimmerluft der angenehmen Sommerluft im Freien, wo es ja auch nie vollkommene Luftstille gibt, nur noch ähnlicher. Daraus schliesst derselbe nun, dass die etwas bewegte Zimmerluft nicht schädlich sein und daher auch nicht austrocknend wirken könne. Zieht man aber die factische Grösse der Luftbewegung, die aus der Ventilation in einem Zimmer im Allgemeinen entsteht, in Betracht, so gelangt man zu einem anderen Schlusse.

Als ich eingangs meines Vortrages von der Ventilation sprach, erwähnte ich nämlich, dass die Luftbewegung, insoweit sie von der Ventilation herrührt, im Allgemeinen etwa 6^{mm} per Secunde betragen könne, und dass Störungen blos partiell etwas vermehrend oder etwas vermindern einwirken werden.

Wie winzig ist aber eine solche Geschwindigkeit gegen jene, die wir erst wahrzunehmen vermögen, und die mindestens 500^{mm} per Secunde betragen muss. Und dennoch ist jene Geschwindigkeit, die wir im Freien als angenehmes Lüftchen zu fühlen beginnen, noch weit grösser, sie beträgt nämlich mindestens 1^m per Secunde. Man wird mir daher gern zugeben, dass jene minutiöse Luftbewegung im Zimmer zwar einen der Gesundheit zuträglichen Luftwechsel hervorbringe, dass aber ihre Geschwindigkeit mit der im Freien vorkommenden Luftbewegung nicht verglichen werden könne, und dass sie ihrer Kleinheit wegen dem Organismus weder schaden noch nützen könne, sondern sich gänzlich indifferent gegen denselben verhalten müssen.

Ich kann mich im Weiteren bezüglich der in Rede stehenden Luftaustrocknung auf die Erfahrung berufen, dass in keiner der Lehranstalten, die ich mit Luftheizungen versah, eine Klage über Luftaustrocknung vorgekommen ist, wiewohl sich unter den Professoren und Lehrern anfänglich zahlreiche Feinde des Luftheizsystemes befanden, die es sicherlich an Beschwerden nicht hätten fehlen lassen, wenn hiezu die mindeste Veranlassung gewesen wäre; im Gegentheile, die anfänglichen Feinde der Luftheizung erkennen jetzt deren Vorzüge unbedingt an, und lassen diesem Systeme volle Gerechtigkeit willfahren.

Beinahe ebenso curiose Ansichten wie über Luftaustrocknung bestehen über die Wärmestrahlung.

Will man über die Frage, ob eine solche Strahlung in beheizten Zimmern zu wünschen sei, sich ein Urtheil bilden, so darf man keineswegs eine Vergleichung mit der der Gesundheit

zuträglichen Wirkung jener Strahlung anstellen, die direct von der Sonne an milden Tagen ausgeht. Denn hier hat man es mit der sogenannten leuchtenden Wärme zu thun, und diese ist mit der dunklen Wärme, die von der Heizfläche irgend eines Apparates ausgeht, überhaupt nicht in Vergleich zu ziehen.

Die Sonnenstrahlen wirken auf farbige, besonders auf schwarze Flächen intensiver als auf weisse, und es haben die Sonnenstrahlen bekanntlich auch die Eigenschaft der chemischen Wirkung. Beide Eigenthümlichkeiten, die in ihrem Einflusse auf den menschlichen Organismus von Bedeutung sind, haben aber die Wärmestrahlen nicht, die von dunklen Körpern ausgehen. Jemand, der von einer Krankheit genesen ist, mag immerhin sich an milden Tagen der directen Einwirkung der Sonne aussetzen, weniger wäre denselben aber anzurathen, sich nahe zu einem geheizten Ofen zu setzen, um sich an dessen Strahlung zu laben.

Ein Körper von höherer Temperatur wirkt durch die Luft hindurch auf den kühleren erwärmend, indem er Wärme an die Luft abgibt, welche diese von Theilchen zu Theilchen bis zum zweiten gedachten Körper fortleitet. Der wärmere Körper gibt aber nebstdem noch eine Wärmequantität durch den luft-erfüllten oder luftleeren Raum hindurch mittelst Strahlung ab, in gleicher Weise, wie die Sonnenstrahlen den luftleeren Raum durchheilen und auf die Erde erwärmend wirken.

Die Grösse der Wärmemittheilung, d. i. der Verlust, welchen der wärmere Körper sowohl durch Leitung als auch durch Strahlung erleidet, steht im Verhältnisse der Temperatur-Differenz.

Befindet sich ein Mensch in einem beheizten Raume, so verliert er von seinem Körper durch Leitung ein Quantum, entsprechend der Temperatur-Differenz, welche die grösstentheils bekleidete Körperoberfläche gegen die der Luft hat, und durch Strahlung ein Quantum, entsprechend der Temperatur-Differenz der Körperoberfläche und der Wände, sowie der allfällig im Zimmer vorhandenen Gegenstände.

Sind nun die Wände oder sonstigen Gegenstände kalt, so entsteht auch bei übrigens angemessener Lufttemperatur ein übermässig grosser Wärmeverlust des Körpers durch Strahlung, daher man sich in einem solchen Locale ungeachtet reichlicher Heizung doch frostig oder unbehaglich fühlt. Dieser Fall tritt ein, wenn die Wände sehr dünn sind, oder wenn das Zimmer nicht ausgeheizt ist, oder wenn man sich zunächst der Fenster aufhalten muss. Denn diese letzteren haben immer eine bedeutend niedrigere Temperatur als die Wandflächen.

Befindet man sich in einem Locale, dicht von Menschen umgeben, so entfällt der Wärmeentgang durch Strahlung, weil die Temperatur-Differenz gegen die umgebenden Körper aufhört. Die dadurch zurückgehaltene Wärme verursacht Unbehaglichkeit, und man hat dann selbst bei angemessener Lufttemperatur das täuschende Gefühl, als ob man eine übermässige Hitze zu erleiden hätte.

Aus dem Gesagten geht nun hervor, dass eine gewisse Abstrahlung der Körperwärme erforderlich ist, aber ein Zuviel oder Zuwenig schädlich sein müsse. Es geht weiters hervor, dass die heisse Fläche eines Ofens eine solche Abstrahlung der zunächst befindlichen Personen behindert, und dass die Kälte von Mauern die Abstrahlung zu sehr begünstigt. Beides ist schädlich, namentlich bezeichnet Dr. Pettenkofer, der über diese Erscheinungen ausführlich spricht, die ungleichseitige Abstrahlung als gesundheitswidrig, und eine solche tritt in den beiden hier genannten Fällen ein.

Die bei dem Warm- und Heisswasser-Systeme im Zimmeraume vertheilten Heizflächen werden in den meisten Fällen ungleichseitige Abstrahlungen der Körperwärme bei Denjenigen verursachen, die in der Nähe jener Heizflächen sich aufhalten müssen.

Nach diesen Betrachtungen wird es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Aufstellung von Heizkörpern, sowie das Legen von Heizrohren ringsum im Zimmeraume partielle gute und nachtheilige Folgen bringen kann. Solche Heizkörper, an den kühleren Wänden angebracht, werden diese allerdings besser erwärmen, dafür aber wird die Ausstrahlung der Heizflächen den direct Betroffenen lästig werden. Es erscheint daher die vielfach gerühmte Strahlwirkung der Wasserheizsysteme nicht unbedingt wünschenswerth.

Dagegen wird es am richtigsten sein, mit der Dauer der Heizung, wenn die Benützung eines Locales nur in kleinen Zeitabschnitten erfolgt, nicht zu sehr zu ökonomisiren, damit sich die Wände in dem erforderlich ausgeheizten Zustande und dadurch die Wandflächen in einer entsprechenden Temperatur erhalten.

Es ist aber nicht zu leugnen, dass in Localen, die nur ganz ausnahmsweise, und immer nur kurze Zeit beheizt werden, die daher nur im unausgeheizten Zustande bei kalten Wänden jeweilig benützt werden, die Einstellung von Heizkörpern in das Locale eine grosse Annehmlichkeit bietet, insbesondere zu Anfang, wenn man ein derartiges Locale mit durchkältetem Körper betritt, und daher, ohne eine zu warme Luft athmen zu müssen, doch eine erhöhte Wärmeempfindung fühlt, indem die directe Strahlung der Heizflächen gegen den menschlichen Körper die grössere Abstrahlung einigermaßen ausgleicht, deren er in Folge der kalten Wände ausgesetzt ist.

Für Schulen hat das Vorhandensein strahlender Heizeinrichtungen kaum einen Zweck, weil nur die unmittelbar vor solchen Wärmeflächen sitzenden Schüler eine Einwirkung erfahren, daher weitaus die Mehrzahl von der Strahlwirkung gänzlich unberührt bleiben würde. Insoferne derlei Wärmeflächen eine bedeutendere Temperatur haben, ist deren permanente Strahlwirkung auf die zunächst sitzenden Kinder lästig und schädlich.

Eine richtige Vorstellung der Strahlwirkung führt nach dem Erörterten zu dem Schlusse, dass zumeist nicht der Heizkörper, sondern der wärmeabstrahlende menschliche Körper das zu betrachtende Object sei, und dass es gerathen ist, alle Einflüsse zu beseitigen, die diese Abstrahlung hemmen oder zu sehr begünstigen. In dieser Hinsicht geht man mit der Luftheizung keineswegs fehl. Denn dieselbe erwärmt gleichförmig, und tritt an keiner Stelle des beheizten Raumes in concentrirter Strahlwirkung hervor.

Ich muss auch hier wieder die Erfahrung als zuverlässiges Auskunftsmittel anrufen, welche gezeigt hat, dass in den mit Luftheizung beheizten und gut ventilirten Lehrzimmern keine Beschwerden über ungleichseitige Abkühlungen, d. i. über Unbehagen hinsichtlich einer mangelhaften allseitigen Erwärmung der Individuen zu Tage treten.

Der Vollständigkeit wegen ist noch zu erwähnen, dass in Fällen, wo etwa in Folge ausgedehnter Fensterflächen eine einseitige Abkühlung von Personen, die zunächst dieser Fenster sich aufhalten müssten, zu besorgen wäre, es keinen Anstand hätte, durch warme Luftströme, welche längs der Mauerflächen aufsteigen,

gründlich abhelfen zu können; dass sich aber derlei Vorkehrungen in Schulen nicht als Bedürfniss kundgeben.

Ich habe nun noch die Herstellungskosten einer Luftheizanlage anzugeben. Dieselben können im Allgemeinen mit circa 520 fl. per Lehrzimmergrösse, diese durchschnittlich zu 220^{kbm} gerechnet, veranschlagt werden. Bei den als normal festgehaltenen 28 Lehrzimmergrössen per Doppelschule würden daher die Kosten auf 14.560 fl. zu veranschlagen sein.

Diese Kosten vertheilen sich folgender Art:

330 fl. per Lehrzimmergrösse für Herstellung der Calorifères mit allen dazu gehörigen Schubern und Klappen, Herstellung von drei Verschlussstücken in jedem Locale für die Warm- und Kalt-schläuche, Parapetverschlüsse für die Sommer-Ventilation, Herstellung der Thermometer-Aufzugsvorrichtungen, inclusive der Thermometer, somit für Herstellung sämtlicher Eisen- und Maschinistenarbeit.

190 fl. per Lehrzimmer für Herstellung der Heizkammer, Luftkammer, der Luftcanäle im Keller, inclusive Fundirung, ferner der Mauerzulagen für die Schläuche in allen Geschossen, Führung derselben über Dach und Aufsätze über denselben, somit an aller Mauerarbeit.

Die Einrichtung mit meinen Luftheizapparaten kommt per Lehrzimmer um mehr als fl. 50 billiger.

Ich werde nun noch die gesamte Anlage der Luftheizung vorweisen, die ich in der Ober-Realschule Stadt, Hessgasse, herstellte.

Die Grundrisse, Fig. 33, Blatt 30, zeigen die Localitäten dieser Anstalt, wovon diejenigen, welche mit Central-Luftheizung beheizt werden, durch Diagonalisirung erkenntlich gemacht sind.

Der Grundriss, Fig. 32, zeigt die Anlage von fünf Heizgruppen I bis V, mit den Heizkammern *a*, den Luftkammern *b*, den Luftzufuhrcanälen *c* und den Warmluftschläuchen *d*. Die kleineren mit *e* bezeichneten Schläuche sind die Kauchschlote, die einen Querschnitt von 25^{cm} Länge und Breite haben.

Der Turnsaal, die Garderobe und das Turnlehrer-Cabinet befinden sich im Souterrain und haben Ofenheizungen.

Die Räume *g*, an die Schlauchgruppen anschliessend, sind Sammelräume für die Warmluft. Dieselben reichen nicht bis zur Kellersohle, sondern bilden blos Canäle, unterhalb welchen sich Durchgänge befinden, um zu den Bewegungsvorrichtungen der Drosselklappen gelangen und die Warmluftabströmungen reguliren zu können.

Aus der Anzahl der Schläuche ist die Zimmeranzahl zu entnehmen, die von jedem Apparate beheizt wird.

Sehr wichtig ist es, dem Heizer die Stundeneintheilung möglichst klar zur Anschauung zu bringen. Zu diesem Zwecke habe ich eigene Drucksorten anfertigen lassen, von welchen die in Fig. 34 in kleinem Maassstabe dargestellte einen Begriff gibt.

Die obere Horizontalrubrik enthält ein Viereck mit 12 Untertheilungen, deren jede eine $\frac{1}{8}$ Lehrzimmergrösse ($\frac{1}{8} \times 220^{\text{kbm}}$) repräsentirt

Die angezeigte Schraffirung umfasst neun solche Intervalle, und zeigt daher an, dass das betreffende Lehrzimmer circa $\frac{9}{8} \times 220^{\text{kbm}}$ oder das $1\frac{1}{8}$ -fache eines mittleren Lehrzimmers messe. Aus dem Kopfe der Tabelle wird man weiters entnehmen, dass es das Lehrzimmer *B* der II. Classe sei und sich im II. Stocke befindet, und dass dasselbe durch den zweiten Schlauch beheizt wird.

Die zweite Horizontal-Colonne mit den Nummern 8, 9, 10 etc. zeigt mit Rücksicht auf die schraffirten Felder an, dass z. B. am

Mittwoch das Lehrzimmer von 8—10 und von 11—12 Uhr Vormittags, ferner von 2—3 Uhr Nachmittags beheizt und ventilirt sein müsse.

Figur 34.

Tage	(2 Schl.) Lehrz. II B. Cl. II. St.											
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
Montag												
Dienstag												
Mittwoch												
Donnerstag												
Freitag												
Samstag												
Sonntag												

Die hier angedeuteten Schraffirungen werden in Wirklichkeit einfach durch Lasiren ersetzt, und die Schlauchnummern, dann die Classen- und Stockwerksbezeichnungen werden in die vorge-druckten Blanquette blos eingeschrieben.

Aus solchen Blanquetten lässt sich der Stundenpass für eine ganze Gruppe von Lehrzimmern zusammensetzen und in der Mitte über denselben die ebenfalls vorgedruckte Bezeichnung der Heizgruppe anbringen. Eine solche Zusammensetzung wird dann auf ein Brett geklebt und dasselbe zunächst des betreffenden Heizapparates affigirt.

VII. Sommer-Ventilation.

Bekanntlich lässt sich ausserhalb der Heizperiode, bei allen Temperatur-Verhältnissen eine Ventilation durch Saug-Essen herstellen.

Dieselben sammeln am unteren Ende im Kellergeschosse die verdorbene Luft und führen dieselbe über Dach hinaus. Zu diesem Zwecke müssen die Locale nach abwärts führende Schläuche erhalten, die in Canäle einmünden, welche zum Sammlungsraum der Esse führen.

Zur Erzielung der Kraft, welche nöthig ist, um die verdorbene Luft aus den Localen bis zum Sammelraum anzusaugen und von da durch die Esse abzuführen, wird diese letztere mit einem heizbaren, eisernen Schlot versehen, welcher die ihn umgebende Luft der Esse erwärmt, und dadurch zum Abzug bringt.

Die Wirkung der Esse fordert eine permanente Heizung den ganzen Sommer hindurch, und verursacht daher auch besondere Betriebsauslagen. Ich bin daher, wie ich schon im Eingange meines Vortrages sagte, von dieser Einrichtung für Schulen gänzlich abgekommen, will jedoch damit keineswegs sagen, dass man überhaupt keine Saug-Essen herstellen soll, weil je nach den speciellen Zwecken und Erfordernissen dieselben immerhin ihre Dienste leisten werden.

Nach meinen bisherigen Erfahrungen habe ich folgende Vorkehrungen für die Sommer-Ventilation als praktisch gefunden:

1. Die Schubert der Kalt- und Warmluftschläuche sind offen zu halten. Dadurch wird eine Luftleitung von der im Kellerraum befindlichen Luftkammer durch die Heizkammer des Calorifere und

den Warmschlauch des betreffenden Zimmers, dann durch den Kaltschlauch des Zimmers bis über Dach hergestellt.

2. In jedem Locale werden mindestens zwei Fensterparapete mit Lufteinströmöffnungen versehen, welche so construirt werden, dass kein belästigender Luftzug entstehen kann.

3. Ebenso erhalten zwei äussere Fenster kleine Luftflügel, und die inneren Fenster construiren ich so, dass die Flügel ganz oder nur theilweise je nach Bedarf geöffnet und festgestellt werden können.

Die Fenster, welche ich gegenwärtig für Schulen construiren, sind dreitheilig, und lassen verschiedene Combinationen der einzelnen Flügel zu, je nachdem es erforderlich ist, um die Luft ohne eine Zugbelastigung einlassen zu können.

Bei etwaigem Regensturme muss zwar der äussere Ventilations-Flügel geschlossen werden; in diesem Falle wird die Lufteinströmung bloss durch die Parapetöffnungen vermittelt.

Ich erwähne noch, dass durch das bei Sonnenschein nöthige Herablassen der Vorhänge die Luftströmung durch die besagten Ventilations-Flügel immerhin Widerstände zu überwinden hat, die jedoch keineswegs so beträchtlich sind, dass diese Strömung dadurch aufgehoben wird.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass jeder in der beschriebenen Weise ventilirte Schulraum an verschiedenen und weit abstehenden Punkten mit der Aussenluft in Communication steht, und zwar in Kellertiefe mit der Luftkammer, durch die Ventilations-Fenster mit der Aussenluft in Geschosshöhe, und durch den aufwärtsgehenden Schlauch, gleichfalls mit der Aussenluft, jedoch über Dachhöhe.

Diese Punkte haben verschiedene Temperaturen und bewirken eine Luftbewegung, die je nach Sonnenschein und Wind etc. in abwechselnder Richtung eintritt und dadurch die Ventilirung des Raumes hervorbringt. Zudem wirkt auch die Horizontal-Bewegung der äussern Luft fördernd auf den Luftwechsel, welcher durch die Fenster vermittelt wird.

Vorläufige Versuche haben über die Functionirung dieser Sommer-Ventilation zumeist befriedigende Resultate ergeben.

Wenn die Temperatur im Schulraume und ausserhalb desselben wenig verschieden ist, wird die Luftbewegung offenbar eine langsamere werden.

In solchen Fällen werden daher die Mauerschläuche ungleich besser wirken, wenn sie grosse Querschnitte haben, weil nebst der mächtigeren sich bewegenden Luftsäule auch die Reibung derselben an den Schlauchwänden eine verhältnissmässig geringere ist. Daher habe ich auch diesen Querschnitten die Grösse von 0.15 m^2 gegeben. Zur Zeit der Heizperiode, in der die grösseren Temperatur-Differenzen als ausgiebige Kraft auftreten, wären allerdings geringere Querschnitte hinreichend.

Das Princip meiner Sommer-Ventilation beruht nach dem Gesagten darauf, jeden Zimmerraum auch mit der äusseren Luft an verschiedenen Höhenpunkten in Communication zu setzen, weil diese Punkte hinsichtlich ihrer Höhe und Situirung verschiedene Temperaturen und Luftströmungen haben werden, und in Folge dessen die hiermit communicirende Zimmerluft sich in Bewegung setzen wird. Ich beabsichtige nunmehr auch versuchsweise die Thüren mit Ventilations-Jalousien zu versehen und die Hoffenster für das Oeffnen nach beliebigen Oeffnungsweiten einzurichten, weil die Lufttemperaturen in den Höfen mit denen der Gassenseite meist differiren, wozu noch die

besagte gewöhnlich stattfindende Horizontalströmung der äusseren Luft als fördernde Kraft kommt, und glaube, dass durch diese Einrichtungen der Luftwechsel in den Zimmern noch bedeutend unterstützt werden wird.

Sommer-Ventilationen, deren Handhabung an genaue, mit den Temperaturs-Verhältnissen in Relation stehende Normen gebunden ist, halte ich für erfolglos, weil solche Normen in Folge ihrer Complicirtheit nicht eingehalten werden.

VIII. Schlussbemerkung.

Wie ich schon im Eingange meines Vortrages mitgetheilt habe, concentriren sich meine Studien und Ausführungen im Fache der Heiz- und Ventilations-Anlagen dermalen wesentlich auf die Bedürfnisse der Lehranstalten.

Demnach hatte ich es mir zur Aufgabe gestellt, jene Anlagen speciell für die Zwecke solcher Anstalten durch ergänzende neue Einrichtungen zu cultiviren.

Ich muss aber erwähnen, dass ich bei meinen Studien an ausgeführten, verschiedenartigen Objecten nebst misslungenen Anlagen auch Luftheizungen getroffen habe, die sehr gut construirt sind, und wenn sich dennoch Klagen ergeben haben, diese aus der mangelhaften Bedienung entstanden. Namentlich wurden für öffentliche Locale Luftheizungen eingerichtet, mit denen man sehr zufrieden ist. In derlei Localen ist in der Regel kein Hinderniss dagegen vorhanden, dass irgend ein aufgestelltes Aufsichts-Individuum die Temperatur im Locale selbst permanent überwache und demgemäss die Warmschieber-Regulirung besorge. In Schulen aber hat eine solche permanente Beaufsichtigung der Einströmöffnungen darin ein Hinderniss, dass während der Unterrichtszeit kein Diener die Schulräume betreten darf, daher man selbst bei den besthergestellten Luftheizungen, wenn man das frühere Warmschieber-System beibehält, nicht vollkommen entsprechen kann.

In diesem Umstande ist eine Hauptursache der Unzufriedenheit zu suchen, die oft ungerechter Weise selbst gegen gut construirte Luftheizungen laut wurde und dahin führte, dass dieses Heizsystem häufige Verurtheilungen erfuhr.

Ich habe bis jetzt nur die Constructeure genannt, mit welchen ich bei meinen Herstellungen zu thun hatte, und die Vortreffliches leisteten. Ich muss aber derjenigen Constructeure gerechterweise gedenken, die schon früher im Fache der Luftheizungen rühmenswerthe Erfolge erzielten, und unter denselben die Namen Professor Dr. Carl Böhm und Friedrich Stach, Director der Union-Baugesellschaft, hervorheben.

Neue Berechnung der Gelenkketten.

Von

Professor **K. Keller.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 32.)

Die nachfolgende Berechnung wurde veranlasst zunächst durch ein an mich ergangenes Ersuchen, eine entworfene Tabelle solcher Gelenkketten einer Durchsicht, eventuell einer Correctur zu unterziehen, sodann aber auch durch die bei dieser Gelegenheit erfolgte Durchsicht der von Zobel und Neuberth*) veröffentlichten Tabelle, und der von Neustadt angestellten Berechnung

*) Maschinenfabrik Zobel, Neuberth & Comp. in Schmalkalden.

derselben *), welche nach meiner Meinung von einzelnen nicht ganz zutreffenden Voraussetzungen ausgeht.

Ich habe es daher für nicht unzweckmässig halten müssen, die von mir angestellten Berechnungen, sowie die auf dieselben basirte neue Bestimmung der Dimensionen von Gelenkketten zu veröffentlichen.

In Uebereinstimmung mit der von Neustadt angenommenen Form der Schienen, sei in Fig. 1 eine derartige Gelenkkette gezeichnet, welche, ihrer Länge nach, auf ihrer straffen Seite mit einem Zuge $= 2T$ gespannt sei; die gesammte Zahl der ein Kettenglied bildenden Flacheisenschienen $2i$ ist in zwei Systeme von je einer Schienenzahl $= i$ getheilt, deren jedes einen Zug $= T$ auszuhalten hat.

Die Schienen sind auf Charnierbolzen gesteckt, durch deren verdickten mittleren Theil die beiden Systeme in fixer Entfernung gehalten werden. Die Dicke jeder einzelnen Schiene sei mit s bezeichnet.

Die Beanspruchungen sind nun folgende:

1. Die Flacheisenschienen. Der Zug T wird sich auf die in einer Zahl $= i$ vorhandenen Schienen eines Systemes derart vertheilen, gleichmässig oder ungleichmässig, dass auf eine derselben ein Antheil $t = nT$ trifft; sind die Schienen sämmtlich von gleicher Dicke $= s$, so ist die Gleichung gegeben:

$$t = nT = (b - d) s k_1$$

wobei selbstverständlich bei etwa ungleichmässiger Vertheilung von T auf die einzelnen Schienen für t oder n deren Maximalwerth gesetzt werden muss. k_1 ist die zulässige Spannungsintensität.

Wenn, wie in der Regel

$$b = 2.5 d,$$

so wird

$$nT = 1.5 d s k_1 \dots \dots \dots 1).$$

2. Die Zapfenlöcher in den Schienen empfangen von den Schienen genau den gleichen Antheil nT als Druck, welchem das Material der Lochleibung bei einer gestatteten specifischen Pressung $= p$ Widerstand leisten muss, daher ist zu setzen:

$$p = \frac{nT}{ds},$$

eine Gleichung, welche aber nur dann gilt, wenn sich der Druck $nT = t$ über die ganze Berührungsfläche zwischen Zapfen und Loch gleichmässig vertheilt. Mit der Zeit der Benützung wird jedoch bekanntlich diese Druckvertheilung eine andere, und der Maximalwerth p_1 von p im Verhältnisse $\frac{4}{\pi}$ grösser, und hiefür zu setzen:

*) Armengaud, „Publication industrielle“, vol. 12, pag. 501.

$$p_1 = \frac{4}{\pi} p = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{nT}{ds},$$

woraus

$$nT = \frac{\pi}{4} ds p_1 \dots \dots \dots 2).$$

Aus Gleichung 1 und 2 folgt:

$$1.5 ds k_1 = \frac{\pi}{4} ds p_1$$

$$\frac{k_1}{p_1} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{1.5} = 0.524.$$

3. Die Charnierbolzen sind auf Biegung in Anspruch genommen, und jedenfalls wird das biegende Moment, welches durch die verschiedenen nach irgend einem Gesetz auf die Schienen vertheilten Spannungen veranlasst ist, mit der Totalspannung T und der Schiendicke s wachsen, so dass ganz allgemein für das biegende Moment gesetzt werden kann:

$$M = mTs = \frac{\pi}{32} d^3 k,$$

mit Beibehaltung der festgesetzten Bezeichnungen T , s , d und einer Spannungs-Intensität $= k$. Es folgt hieraus:

$$d^3 = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{s}{d} \cdot \frac{mT}{k} \dots \dots \dots 3),$$

und aus Gleichung 1:

$$d^3 = \frac{1}{1.5} \cdot \frac{d}{s} \cdot n \frac{T}{k_1},$$

folglich

$$\left(\frac{d}{s}\right)^3 = \frac{32 \cdot 1.5}{\pi} \cdot \frac{m}{n} \cdot \frac{k_1}{k} \dots \dots \dots 4).$$

Nun findet sich mit Hilfe dieses Verhältnisses $\frac{d}{s}$ aus Gleichung 1 der Werth von d und endlich derjenige von s .

In erster Reihe handelt es sich demnach um die Art der Vertheilung des gesammten Zuges T auf die einzelnen Schienen, und um den Maximalwerth einer Schienenspannung nT .

Wenn im „Constructeur“ von Reuleaux, pag. 626, über die Art der Spannungsvertheilung ungefähre Andeutungen gegeben sind, dagegen auch ausgesprochen ist, dass die Berechnung zu sehr verwickelten Problemen führe, denen man durch Annäherung auszuweichen genöthigt sei, so möge im Nachfolgenden gezeigt werden, dass sich die treffenden Berechnungen verhältnissmässig leicht durchführen, und auf der Basis derselben ganz wohl Correctionen der üblichen Dimensionen von Gelenkketten vornehmen lassen.

Es kann die Kette zunächst unter zweierlei Voraussetzungen berechnet werden. Bei einem Stücke einer frei ausgespannten Kette werden die auf einem Zapfen aufgesteckten Schienen eines Systemes wahrscheinlich ziemlich gleich stark gespannt sein, und wenn man sich die Spannungen in der Mitte jeder Schiene concentrirt denkt, so ergibt sich zur Berechnung des biegenden Momentes für die Stelle der Maximal-Inanspruchnahme am Ende des Zapfens, z. B. bei $i = 3$

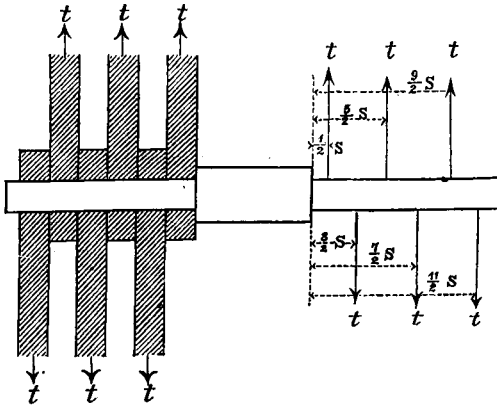
$$\begin{aligned} M &= t \frac{11}{2} s - t \frac{9}{2} s + t \frac{7}{2} s - t \frac{5}{2} s + t \frac{3}{2} s - t \frac{1}{2} s \\ &= t \frac{s}{2} [11 + 7 + 3 - (9 + 5 + 1)] \\ &= 6 \frac{s}{2} t = 3ts = Ts, \end{aligned}$$

allgemein für $i = i$

$$M = (it) s = Ts \dots \dots \dots 5).$$

Diese Inanspruchnahme ist bei weitem geringer als diejenige, welche sich für den eben auf das Kettenrad auflaufenden Zapfen ergibt.

Figur 2.



Neustadt nimmt in dieser Beziehung an, dass die Kette mit ihren Zapfen von mindestens fünf Zähnen des Kettenrades gefasst sei, und der Zug $2T$ in der Kette auf alle Zähne gleichmäßig vertheilt aufgenommen werde, mithin auf einen Zahn der Druck $\frac{2T}{5}$ treffe.

Reuleaux nimmt ebenfalls fünf eingreifende Zähne an, denkt sich die Zahnpressungen aber arithmetisch zunehmend, so dass sie sich wie $1:2:3:4:5$ verhalten, auf den letzten daher $\frac{5}{15} = \frac{1}{3} 2T$ treffe. Ich halte diese Annahme auch für zu gewagt, und jedenfalls nicht mehr für zutreffend, wenn in Folge des Gebrauches die Zähne des Kettenrades nur um ein Minimum abgenutzt, oder die Charnierbolzen ausgelaufen sind oder die Kettenglieder sich gedehnt haben. In diesem Falle kann es sein, dass der erste Zahn und erste Bolzen den totalen Kettenzug $2T$ auszuhalten haben, dieser Zug (vom Betrage T in jedem Systeme) sich auf die nach der gestreckten Kette hingerrichteten Glieder übertrage, während die nach der entgegengesetzten Seite laufenden (auf dem Kettenrade liegenden) Glieder keinerlei oder nur ganz geringe Spannungen auszuhalten hätten.

Aber auch in dieser Beziehung sind wieder zweierlei Annahmen möglich, indem die gespannten Schienen die näher oder die entfernter vom Zapfen-Ende liegenden sein können.

Es seien t_1, t_2, \dots, t_n die einzelnen auf einen Stab einwirkenden, biegenden Kräfte,

Figur 3.

a_1, a_2, \dots, a_n
deren Abstand von der Befestigungsstelle des Stabes,
 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$
die in Folge der Durchbiegung des Stabes sich ergebenden Einsenkungen, und hat man zunächst die bekannte Differential-Gleichung:

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = M;$$

hierin ist:

E der Elasticitätsmodul des Materiales,

J das Trägheitsmoment der Querschnittsform,

xy die Coordinaten der elastischen Linie in Bezug auf einen in der Befestigungsstelle liegenden Ursprung, und folgen hieraus durch zweimalige Integration die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} EJ \delta_1 &= t_1 \left(\frac{a_1}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + t_2 \left(\frac{a_2}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + \\ &+ t_3 \left(\frac{a_3}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + t_4 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + \dots \\ EJ \delta_2 &= t_1 \left(\frac{a_2}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + t_2 \left(\frac{a_2}{2} - \frac{a_2}{6} \right) a_2^3 + \\ &+ t_3 \left(\frac{a_3}{2} - \frac{a_2}{6} \right) a_2^3 + t_4 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_2}{6} \right) a_2^3 + \dots \\ EJ \delta_3 &= t_1 \left(\frac{a_3}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + t_2 \left(\frac{a_3}{2} - \frac{a_2}{6} \right) a_2^3 + \\ &+ t_3 \left(\frac{a_3}{2} - \frac{a_3}{6} \right) a_3^3 + t_4 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_3}{6} \right) a_3^3 + \dots \\ EJ \delta_4 &= t_1 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_1}{6} \right) a_1^3 + t_2 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_2}{6} \right) a_2^3 + \\ &+ t_3 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_3}{6} \right) a_3^3 + t_4 \left(\frac{a_4}{2} - \frac{a_4}{6} \right) a_4^3 + \dots \end{aligned} \right\} 6).$$

Berücksichtigt man 1. nun jenes System von Schienen, welche näher dem Zapfen-Ende liegen, so ist zu setzen:

$$\begin{aligned} a) \quad a_1 &= \frac{1}{2} s, \\ a_2 &= \frac{5}{2} s, \\ a_3 &= \frac{9}{2} s, \\ a_4 &= \frac{13}{2} s, \\ &\dots \end{aligned}$$

und ergeben sich die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} EJ \delta_1 &= \frac{s^3}{24} (t_1 + 7t_2 + 13t_3 + 19t_4 + \dots) \\ EJ \delta_2 &= \frac{s^3}{24} (7t_1 + 125t_2 + 275t_3 + 425t_4 + \dots) \\ EJ \delta_3 &= \frac{s^3}{24} (13t_1 + 275t_2 + 729t_3 + 1215t_4 + \dots) \\ EJ \delta_4 &= \frac{s^3}{24} (19t_1 + 425t_2 + 1215t_3 + 2197t_4 + \dots) \end{aligned} \right\} 7a).$$

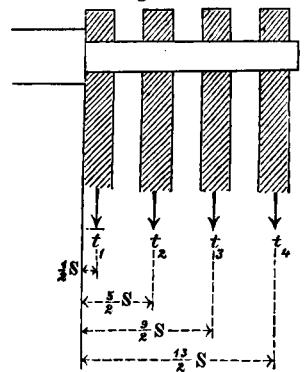
Berücksichtigt man 2. jenes System von Schienen, welche dem Zapfen-Ende ferner liegen, so ist zu setzen:

$$\begin{aligned} b) \quad a_1 &= \frac{3}{2} s, \\ a_2 &= \frac{7}{2} s, \\ a_3 &= \frac{11}{2} s, \\ a_4 &= \frac{15}{2} s, \end{aligned}$$

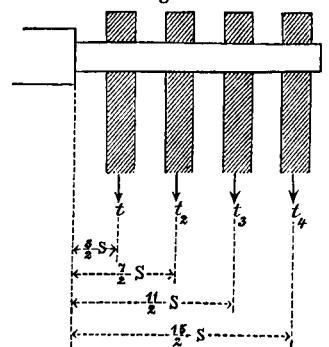
und ergeben sich die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} EJ \delta_1 &= \frac{s^3}{24} (27t_1 + 81t_2 + 135t_3 + 189t_4 + \dots) \\ EJ \delta_2 &= \frac{s^3}{24} (81t_1 + 343t_2 + 637t_3 + 931t_4 + \dots) \\ EJ \delta_3 &= \frac{s^3}{24} (135t_1 + 637t_2 + 1333t_3 + 2057t_4 + \dots) \\ EJ \delta_4 &= \frac{s^3}{24} (189t_1 + 931t_2 + 2057t_3 + 3375t_4 + \dots) \end{aligned} \right\} 7b).$$

Figur 4.



Figur 5.

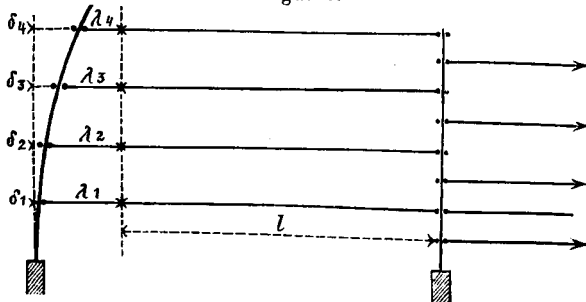


Gleichzeitig mit den Einsenkungen oder Durchbiegungen $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots$ in dem Zapfen ergeben sich in den Schienen Dehnungen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$ in Folge der auf sie treffenden Spannungen t_1, t_2, t_3, \dots , welche sich bekanntlich ausdrücken lassen durch die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= t_1 \frac{l}{fE} & \lambda_3 &= t_3 \frac{l}{fE} \\ \lambda_2 &= t_2 \frac{l}{fE} & \lambda_4 &= t_4 \frac{l}{fE} \dots \end{aligned} \right\} \dots 8),$$

worin l die für alle Schienen gleiche Länge derselben im ungespannten Zustande, f der für alle Schienen gleiche Querschnitt derselben ist.

Figur 6.



beziehungsweise

$$\left. \begin{aligned} t_1 (A - 6) - t_2 (A + 118) - t_3 (262) - t_4 (406) &= 0 \\ t_1 (A - 12) - t_2 (268) - t_3 (A + 716) - t_4 (1196) &= 0 \\ t_1 (A - 18) - t_2 (418) - t_3 (1202) - t_4 (A + 2173) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots 10 a),$$

$$\left. \begin{aligned} t_1 (A - 54) - t_2 (A + 262) - t_3 (502) - t_4 (742) &= 0 \\ t_1 (A - 108) - t_2 (556) - t_3 (A + 1196) - t_4 (1868) &= 0 \\ t_1 (A - 162) - t_2 (850) - t_3 (1922) - t_4 (A + 3186) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots 10 b).$$

Setzt man hierin $t_1 = T - t_2 - t_3 - t_4 - \dots$ so wird

$$\left. \begin{aligned} T (A - 6) &= t_2 (2A + 112) + t_3 (A + 256) + t_4 (A + 400) + \dots \\ T (A - 12) &= t_2 (A + 256) + t_3 (2A + 704) + t_4 (A + 1184) + \dots \\ T (A - 18) &= t_2 (A + 400) + t_3 (A + 1184) + t_4 (2A + 2155) + \dots \end{aligned} \right\} \dots 11 a),$$

beziehungsweise

$$\left. \begin{aligned} T (A - 54) &= t_2 (2A + 208) + t_3 (A + 448) + t_4 (A + 688) + \dots \\ T (A - 108) &= t_2 (A + 448) + t_3 (2A + 1088) + t_4 (A + 1760) + \dots \\ T (A - 162) &= t_2 (A + 688) + t_3 (A + 1760) + t_4 (2A + 3024) + \dots \end{aligned} \right\} \dots 11 b).$$

Nimmt man nun die Anzahl der Schienen eines Systemes zu $i = 1, 2, 3, 4$ an, so erhält man folgende Werthe für die Spannungen t_1, t_2, t_3, \dots , und zwar aus 11 a):

Für $i = 1$:

$$t_2 = t_3 = t_4 = 0 \dots t_1 = T,$$

für $i = 2$:

$$t_2 = t_4 = 0 \dots t_1 = T \frac{A+118}{2A+112}$$

$$t_3 = T \frac{A-6}{2A+112}$$

Soll die äusserste Schiene überhaupt noch in Mitleidenschaft gezogen werden, so muss t_2 positiv, d. h. > 0 sein, wodurch die Bedingung gestellt wäre $A > 6$.

Soll auf die äusserste Schiene von dem gesammten Zuge T noch mindestens $\frac{1}{10}$ treffen, so ist zu setzen:

$$t_2 \geq \frac{1}{10} T, \quad A \geq 21,$$

für $i = 3$:

$$t_4 = 0 \dots t_1 = T \frac{A^3 + 834A + 14272}{3A^2 + 1120A + 13312}$$

$$t_2 = T \frac{A^3 + 448A - 1152}{3A^2 + 1120A + 13312}$$

$$t_3 = T \frac{A^2 - 162A + 192}{3A^2 + 1120A + 13312}$$

Betrachtet man dasjenige Kettenglied, dessen einer Zapfen gerade von einem Zahne des Kettenrades gefasst wird, welcher somit unserer Annahme gemäss von einem Schienenzug nur in einer Richtung beansprucht ist, dessen zweiter Zapfen aber noch der ausgespannten Kette angehört, so wird letzterer wegen des nach beiden Seiten einwirkenden Schienenzuges als ziemlich gerade bleibend betrachtet werden können, während der erstere Zapfen einer Biegung unterliegt, und muss gesetzt werden:

$$\lambda_1 + \delta_1 = \lambda_2 + \delta_2 = \lambda_3 + \delta_3 = \dots$$

oder

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 - \delta_2 &= \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{l}{fE} (t_2 - t_1) \\ \delta_1 - \delta_3 &= \lambda_3 - \lambda_1 = \frac{l}{fE} (t_3 - t_1) \\ \delta_1 - \delta_4 &= \lambda_4 - \lambda_1 = \frac{l}{fE} (t_4 - t_1) \end{aligned} \right\} \dots 9).$$

Setzt man hierin für $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots$ die Werthe aus Gleichung 7 a, beziehungsweise 7 b und zur Abkürzung

$$\frac{l}{fE} \cdot \frac{24 EJ}{s^3} = A,$$

so erhält man:

Soll die äusserste Schiene überhaupt an dem Zuge T theiligt sein, so muss $t_4 > 0$ oder $A > 160$ sein.

Soll auf dieselbe mindestens noch ein Antheil $\frac{1}{10} T$ treffen, so resultirt die Bedingung

$$t \geq \frac{1}{10} T,$$

$$A \geq 381;$$

für $i = 4$:

$$t_1 = T \frac{A^3 + 3007A^2 + 219254A + 1634624}{N}$$

$$t_2 = T \frac{A^3 + 2215A^2 + 52736A - 141696}{N}$$

$$t_3 = T \frac{A^3 + 815A^2 - 32406A + 35904}{N}$$

$$t_4 = T \frac{A^3 - 804A^2 + 6720A - 6144}{N}$$

gemeinschaftlicher Nenner:

$$N = 4A^3 + 5233A^2 + 246304A + 1522688.$$

Soll die äusserste Schiene an dem Gesamtzuge T noch theilnehmen, so muss für $t > 0$ $A > 800$ sein.

Soll auf dieselbe mindestens ein Antheil $= \frac{1}{10} T$ treffen,

$$\text{so folgt für } t \geq \frac{1}{10} T$$

$$\text{als Bedingung } A \geq 2210.$$

Ebenso entwickeln sich aus Gleichung 11 b)

$$\text{für } i = 1: \quad t_1 = T \dots t_2 = t_3 = t_4 = 0;$$

$$\text{für } i = 2: \quad t_3 = t_4 = 0 \dots t_1 = T \frac{A + 262}{2A + 208},$$

$$t_2 = T \frac{A - 54}{2A + 208},$$

und die Bedingungen für $t_2 > 0 \dots A > 54$,

$$\text{für } t_2 > \frac{1}{10} T \quad A > 94;$$

$$\text{für } i = 3: \quad t_4 = 0 \dots t_1 = T \frac{A^2 + 1458 A + 34240}{N},$$

$$t_2 = T \frac{A^2 + 640 A - 10368}{N},$$

$$t_3 = T \frac{A^2 - 402 A + 1728}{N},$$

gemeinschaftlicher Nenner:

$$N = 3 A^2 + 1696 A + 25600,$$

und die Bedingungen für $t_3 > 0 \dots A > 398$,

$$\text{für } t_3 > \frac{1}{10} T \quad A > 820;$$

für $i = 4$:

$$t_1 = T \frac{A^3 + 4644 A^2 + 458432 A + 4114432}{N},$$

$$t_2 = T \frac{A^3 + 3084 A^2 + 35008 A - 1327104}{N},$$

$$t_3 = T \frac{A^3 + 916 A^2 - 96192 A + 331776}{N},$$

$$t_4 = T \frac{A^3 - 1476 A^2 + 26688 A - 55296}{N},$$

gemeinschaftlicher Nenner:

$$N = 4 A^3 + 7168 A^2 + 42396 A + 3063808,$$

und die Bedingungen für $t_4 > 0$, $A > 1460$,

$$\text{für } t_4 > \frac{1}{10} T, \quad A > 3600.$$

Es müssen somit die aus den letzteren, mit Gleichung 11 b) entwickelten Spannungszahlen, berechneten Grenzwerte für A angenommen werden, und ergeben sich, wenn durchwegs die Bedingung gestellt wird, dass die äusserste Schiene noch einen Antheil = $\frac{1}{10}$ des Gesamtzuges auszuhalten habe, folgende Werthe:

$2i =$	2	4	6	8,
$i =$	1	2	3	4,
$A =$	—	94	820	3600,
$t_1 =$	$1.0 T$	$0.90 T$	$0.55 T$	$0.38 T$,
$t_2 =$	—	$0.10 T$	$0.35 T$	$0.31 T$,
$t_3 =$	—	—	$0.10 T$	$0.21 T$,
$t_4 =$	—	—	—	$0.10 T$.

Es sind ferner die Maximalanstrengungen der Schienen:

$$\begin{aligned} \text{bei } i = 1 \quad n T &= T \\ i = 2 \quad n T &= 0.90 T \text{ anstatt } 0.5 T \text{ (bei gleichförmiger Zugvertheilung)} \\ i = 3 \quad n T &= 0.55 T \quad \text{„} \quad 0.33 T \\ i = 4 \quad n T &= 0.38 T \quad \text{„} \quad 0.25 T \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} i = 2 \\ i = 3 \\ i = 4 \end{aligned}} \right\} 12),$$

und ergeben sich die Biegemomente in Bezug auf das Zapfen-Ende:

$$\begin{aligned} \text{für } i = 1 \quad M &= 1.5 T s, \\ i = 2 \quad M &= 1.705 T s \text{ anstatt } 2.5 T s \text{ (bei gleichförmiger Druckvertheilung)} \\ i = 3 \quad M &= 2.603 T s \quad \text{„} \quad 3.5 T s \\ i = 4 \quad M &= 3.572 T s \quad \text{„} \quad 4.5 T s \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} i = 2 \\ i = 3 \\ i = 4 \end{aligned}} \right\} 13).$$

Durch den oben bestimmten Grenzwert von A erhält auch das Verhältniss $\frac{d}{s}$ (zwischen Zapfenstärke und Schiendicke) einen Grenzwert.

Es war nämlich gesetzt:

$$A = \frac{l}{f E} \cdot \frac{24 E J}{s^3}.$$

Setzt man hierin, guten und passenden Ausführungen entsprechend:

$$\left. \begin{aligned} f &= 2.5 \text{ ds} \\ l &= 2.9 d \end{aligned} \right\} \frac{l}{f} = \frac{1.16}{s},$$

$$J = \frac{\pi}{64} d^4, \text{ so wird:}$$

$$A = \frac{1.16 \cdot 24 \cdot \pi}{64} \cdot \left(\frac{d}{s}\right)^4 = 1.37 \left(\frac{d}{s}\right)^4 \text{ und } \frac{d}{s} = \sqrt[4]{\frac{A}{1.37}} \cdot 14)$$

$$\begin{aligned} \text{und mithin bei: } i &= 2 & 3 & 4 \\ A &\geq 94 & 820 & 3600 \\ \frac{d}{s} &\geq 2.85 & 4.90 & 7.1, \end{aligned}$$

während in den Tabellen von Neustadt

$$\frac{d}{s} \geq 3.3-4 \quad 4.0-4.9 \quad 5.5-5.8,$$

in den Tabellen von Zobel und Neuberrth

$$\frac{d}{s} \geq 4.5-5 \quad 4.5-5.3 \quad 5.1-5.8.$$

Bei dem Werthe $\left(\frac{d}{s}\right) = 5.8$ oder $A = 1600$, wie ihn

sowohl die von Neustadt als die von Zobel und Neuberrth publicirten Tabellen an Ketten mit einer Schienenzahl $2i = 8$ zeigen, ist die äusserste Schienenspannung negativ, dieselbe daher gedrückt, die innere dagegen über Gebühr belastet; auch bei einer Anzahl Schienen von $2i = 6$, also $i = 3$, bleibt A meistens unter der Grenze, bei welcher auf die äusserste Schiene $\frac{1}{10}$ des auf ein System treffenden Zuges T kömmt. Wie vollends erst bei $2i = 10$, wie es die stärksten Ketten der Zobel und Neuberrth'schen Tabelle zeigen, oder bei $2i = 12$, wie ein von Neustadt für den Kriegshafen zu Toulon gebauter Krahn*) es aufweist, die Zugvertheilung auf die einzelnen Schienen treffen soll, ist nicht recht abzusehen. Ich glaube wenigstens, dass in diesen beiden Fällen die äusserste Schiene mindestens unbeschadet der Sicherheit, ja sogar zur Erhöhung derselben weggelassen werden dürfte. Nur bei den Ketten mit $2i = 2$, bei welchen die Grenze zwischen den Beanspruchungen auf Abscheeren und Abbiegen des Zapfens eintritt, und bei denjenigen mit $2i = 4$, welche der in Gleichung 13) ausgesprochenen Bedingung genügen, ist in diesem Falle eine Correctur nicht nöthig.

Um mittelst der Gleichung 4) Werthe für $\frac{d}{s}$ zu erhalten, welche der in Gleichung 14) ausgesprochenen Bedingung genügen,

setzen wir $\frac{k_1}{k} = 0.36$, und erhalten dann:

$$\frac{d}{s} = \sqrt{\frac{32}{\pi} \cdot 1.5 \cdot \frac{k_1}{k} \cdot \frac{m}{n}} = 2.34 \sqrt{\frac{m}{n}} \dots 15).$$

Das heisst für	$i = 1$	2	3	4
mit $m =$	1.50	1.70	2.60	3.57
$n =$	1	0.9	0.55	0.38
$\frac{d}{s} =$	2.87	3.22	5.00	7.10
$\frac{s}{d} =$	0.35	0.31	0.20	0.14;

*) Armengaud, „Publications industrielles“, vol. 18, pag. 159 ff.

Es zeigt sich somit, dass für gegebene Tragfähigkeit, z. B. 4000^{kg}, ebensowohl eine Kette mit:

$$\begin{cases} 2i = 4, & \text{oder} & 2i = 6, \\ d = 2.5^{\text{cm}} & & d = 2.1^{\text{cm}} \\ s = 0.77^{\text{cm}} & & s = 0.42^{\text{cm}} \end{cases}$$

genommen werden könnte. Ich habe nun aus den in obiger Tabelle enthaltenen Werthen diejenigen ausgewählt, welche sich in eine geordnete Scala bringen liessen und noch alle Maasse auf halbe oder ganze Millimeter abgerundet, ferner nachstehende Detailmaasse nach folgenden empirischen Formeln berechnet:

a kleinste Breite der Schiene zu beiden

$$\text{Seiten des Zapfens} \dots \dots \dots = 0.75 d,$$

$$b \text{ ganze Schienenbreite} = d + 2a = 2.5 d,$$

$$d_1 \text{ Verstärkung des Charnierbolzens zwischen den Schienen} \dots \dots \dots = 1.2 d,$$

$$w \text{ lichte Weite zwischen den Schienen oder Länge des verstärkten Theiles des Charnierbolzens} \dots \dots \dots = 1.7 d + 0.5^{\text{cm}},$$

$$a_1 \text{ Breite der Schienen am Zapfenloch, in der Richtung des Längenzuges} \dots \dots = 0.85 d,$$

$$l \text{ Baulänge der Kette, oder Entfernung zweier Charnierbolzen} \dots \dots \dots = 2.9 d,$$

und ergibt sich nachstehend sämtliche Dimensionen enthaltende Schlusstabelle in Millimetern (Blatt 32).

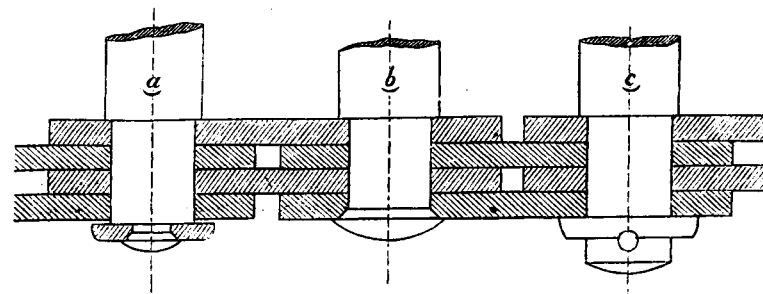
Belastung 2 T	Schienenzahl 2 i	Zapfenstärke d	Bolzenstärke d ₁	Bolzenlänge w	Schienenstärke s	Schienenbreite b	Baulänge l	Zahnstärke a = l - d ₁ = 1.7 d
Kilogr.	Millimeter							
100	2	4.0	5.0	11	1.5	10.0	14	9
250	2	6.5	8.0	17	2.5	16.5	21	13
500	2	9.5	12.0	21	3.0	23.5	28	16.5
750	2	11.5	14.0	24	4.0	28.5	33	19
1000	4	12.5	15.0	26	4.0	31.5	36	21
1500	4	15.5	19.0	31	4.5	38.5	45	26.5
2000	4	17.5	21.0	35	5.5	45.5	51	30
2500	4	21.5	26.0	41	6.5	53.5	62	36
4000	6	21.5	26.0	41	4.5	53.5	62	36
5500	6	24.0	29.0	46	5.0	60.0	70	41
7500	6	27.5	33.0	52	5.5	68.5	80	47
10000	6	32.0	39.0	59	6.5	80.0	93	54.5
15000	8	36.5	44.0	66	5.0	91.5	106	62
20000	8	42.0	50.0	76	6.0	105.0	122	69
25000	8	47.0	57.0	84	6.5	117.0	136	79.5
30000	8	51.5	62.0	92	7.5	128.5	149	87

Der Zahn des Kettenrades, dessen Stärke auf der Sehne der Theilung gemessen = $a = l - d_1$ gesetzt werden kann, hat eine genügende Stärke, um auch bei Gusseisen dem in der Schiene wirkenden Zug Widerstand leisten zu können. Bei den zwei ersten Ketten der Tabelle beträgt die Zahnstärke noch mehr, da bei diesen aus constructiven Gründen die Baulänge etwas grösser als $2.9 d$ angenommen werden musste.

Betreffs der Befestigung der Schienen auf den Zapfen gibt es dreierlei in Fig. 7 a, b und c dargestellte Methoden, von welchen ich der ersten in Fig. 7 a den Vorzug geben möchte. Es kann dabei bei vollständiger Wahrung der freien Beweglichkeit der Kette, die Lage der Schienen auf den Zapfen viel zuverlässiger gesichert erhalten bleiben als bei directer Vernietung

des Zapfens an der äussersten Schiene, während eine Verbindung wie Fig. 7 c freilich der Kette freie Beweglichkeit verleihen, aber auch der Möglichkeit Raum geben würde, dass beim Ausfallen eines Splintes der Zusammenhang der Kette alterirt würde.

Figur 7.



Ich glaube also endlich nochmals darauf hinweisen zu müssen, dass die mit meiner Tabelle bestimmten Dimensionen nahezu durchgehend stärker als die von Neustadt und die von Zobel und Neuberrth berechneten sind, dass ich es aber unter keiner Bedingung für gestattet halte, schwächere als die von mir berechneten Maasse zu nehmen. Ferner müssen die Schienenzahlen $2i = 10$, wie sie die Zobel'sche Tabelle, oder $2i = 12$, wie sie jener von Neustadt ausgeführter Krahn zeigt, entschieden vermieden werden. Denn eine Vertheilung des Gesamtzuges auf fünf Zähne des Kettenrades darf vielleicht wohl zu Anfang vorausgesetzt werden, wird aber bei der unvermeidlichen Abnützung und Streckung der Theile, wie sie in Folge der bedeutenden Inanspruchnahme der Schienenlochung mit $p_1 = 670$ bis 1060, und der Zapfen mit $k = 1000$ unvermeidlich ist, nach kurzer Zeit der Benützung nicht mehr zutreffen.

Ueber die Verschiebung der definitiven Inundations-Brücke über die Waag bei Tornocz.

Von

Franz Wostry.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 33.)

Die Ueberbrückung der Waag bei Tornocz auf der südöstlichen Linie der k. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft bestand gegenwärtig aus einer definitiven Brücke aus Eisen, welche über den eigentlichen Strom führt, und einer hölzernen Jochbrücke, welche das Inundations-Gebiet übersetzte.

Die Auswechslung der Jochbrücke gegen eine definitive aus Eisen wurde beschlossen und ist gegenwärtig in Ausführung begriffen.

Die definitive Inundations-Brücke besteht aus sechs Oeffnungen mit 31^m Stützweite, welche mit drei getrennten Eisenconstructions, jede aus zwei continuirlichen Trägern über zwei Oeffnungen bestehend, überbrückt sind.

Da die Waag-Brücke eingeleisig ist und die definitive Inundations-Brücke an dieselbe Stelle kommt, wo die Jochbrücke sich befindet, so wurde für die Montirung der Eisenconstruction ein Bockgerüst stromabwärts aufgestellt, welches in beiliegender Zeichnung ersichtlich gemacht worden ist.

Die Entfernung des Bockgerüsts von der Brücke beträgt von Achse zu Achse 5.4^m. Auf diesem Gerüste wurde eine Eisenconstruction continuirlich für zwei Oeffnungen montirt und gleichzeitig der Oberbau, welcher auf Querschwellen ruht, darauf befestigt.

Die Eisenconstruction wurde in einem Niveau montirt, welches um 7^{cm} höher lag, als deren definitive Lage in den Auflagerplatten.

Die Höhe zwischen Pfostenbelag des Bockgerüsts und der Unterkante der Eisenconstruction betrug 70^{cm}.

Nachdem diese allgemeinen Dispositionen vorausgeschickt, kann nunmehr auf den eigentlichen Zweck dieses Aufsatzes, die Art und Weise zu beschreiben, wie die Verschiebung der Eisenconstruction von ihrer Montirungsstelle zur definitiven Lage geschah, übergegangen werden.

Bei dem Umstande, dass in einer verhältnissmässig kurzen Zeit, welche aus Verkehrsrücksichten zur Verfügung stand, von 4 Uhr Morgens bis 11 Uhr Vormittags ein schönes Stück Arbeit geleistet werden musste; nämlich: Abtragen der alten Jochbrücke, bestehend aus sechs Oeffnungen à 10·4^m, Verschieben und Ablassen der neuen Eisenconstruction und Herstellung der Verbindung des Oberbaues, war man genöthigt, eine Verschiebungsmethode, welche sehr rasch zum Ziele führt, ausfindig zu machen.

Die Bauunternehmung G. Gregersen hat die Herstellung der Steinpfeiler, das Abtragen der Jochbrücke, das Verschieben und Aufstellen der neuen Eisenconstruction im Pauschale übernommen. Dieselbe schlug vor, die Verschiebung der Brückentheile auf Kugeln nach dem Systeme des Ingenieurs G. Weickum zu bewerkstelligen und wurde dieser Vorschlag, nach Prüfung auf dem technischen Bureau, von dem Herrn Baudirector de Serres genehmigt.

Das Gewicht einer Eisenconstruction beträgt . . 58.434^{kg}
das des Oberbaues 6.404^{kg}
Totalgewicht 64.838^{kg}

Da zur Verschiebung der Brücke dieselbe an vier Puncten ergriffen wurde, so kam auf jeden Punct die Ueberwindung einer Last von 16.209^{kg}.

Für die Verschiebung selbst ist, wie aus der beigegebenen Zeichnung ersichtlich, bei jedem Angriffspuncte ein Bockgerüst, anschliessend an das Montirungsgerüst, aber senkrecht darauf errichtet worden, bestehend aus je vier Böcken nach Detail B (Fig. 4) in Entfernungen von 1·5^m von Achse zu Achse. Auf diesen Böcken ist ein Langholz eingezwängt, welches mit dem Montirungsgerüste in einem Niveau liegt. Auf dem Langholze liegen zwei 9^m lange Eisenbahn-Schienen, auf welchem ein H-Eisen $\frac{59-200}{8}$, stramm an die Köpfe der Schienen anpassend, zu liegen kommt. Damit dieser Anschluss ein bleibender ist, so wurde der innere Raum zwischen den Schienenköpfen mit einem, die ganze Länge durchgehenden Holze ausgefüllt.

Diese Partie bildet die feste Basis, auf welcher die Verschiebung stattfindet. Die obere Partie des ganzen Verschiebungs-Apparates bildet den mit der Eisenconstruction beweglichen Theil und besteht aus einem 26/26^{cm} starken Eichenholze (Querschwelle der Oberbau-Construction), an dessen untere Flächen wieder ein H-Eisen $\frac{59-200}{8}$ angepasst ist, welche beide Theile mit der unteren Gurtung der Eisenconstruction mit Schrauben fest verbunden und an den Enden abgerundet sind.

Zwischen dem festen und beweglichen Theile des Verschiebungs-Apparates befindet sich die Kugel, beziehungsweise das Kugelsystem mit dem zugehörigen Führungseisen.

Das Führungseisen besteht aus einem starken Bleche, in welchem die Löcher zum Passiren der Kugeln ausgeschnitten und beiderseits kleine Winkel zur seitlichen Führung angeschraubt sind.

Die Kugeln selbst haben einen Durchmesser von 117^{mm} und sind gewöhnliche Kanonenkugeln.

Das untere H-Eisen ist 9^m lang, das obere 3·5^m. Das Führungseisen mit den Kugeln hat eine Länge von 6·2^m. Die Kugeln befinden sich in Entfernungen von 200^{mm} von einander und sind bei einem Apparate 30 Stück Kugeln angebracht.

Da 15 Kugeln immer zugleich belastet sind, so kommt auf eine Kugel $\frac{16.209}{15} = 1080^{kg}$.

Die Führungslänge bestimmt sich aus der Länge des oberen H-Eisens mehr der halben Länge der Verschiebung von Achse der Montirungsstelle zu Achse der definitiven Lage

$$(3\cdot5 + \frac{3\cdot65}{2}) = 5\cdot40^m.$$

Die Länge der oberen Gurtung und die der Führung entspricht dem Verhältniss des Weges der Kugeln zu dem zurückgelegten Wege der zu verschiebenden Construction, welches bekanntlich 1:2 ist.

Zur seitlichen Verschiebung der Construction könnten die verwendeten H-Eisen eine geringere Breite haben, da jedoch auch damit eine allenfallsige Längverschiebung nach beiden Richtungen der Brücke nach vorhergegangener Entfernung der kleinen Winkel am Führungseisen möglich ist, wurden diese breiten Kugeln in Anwendung gebracht.

Die bewegende Kraft geschieht mittelst eines Kranichs, dessen Seil mit der zu bewegenden Construction an dem Querholze, welches mit der unteren Gurtung der Eisenconstruction verschraubt, fest verbunden ist. Der Kranich ist stromaufwärts in einer derartigen Höhe angebracht, dass der Zug horizontal ist.

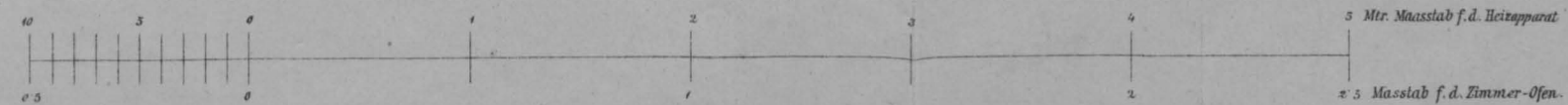
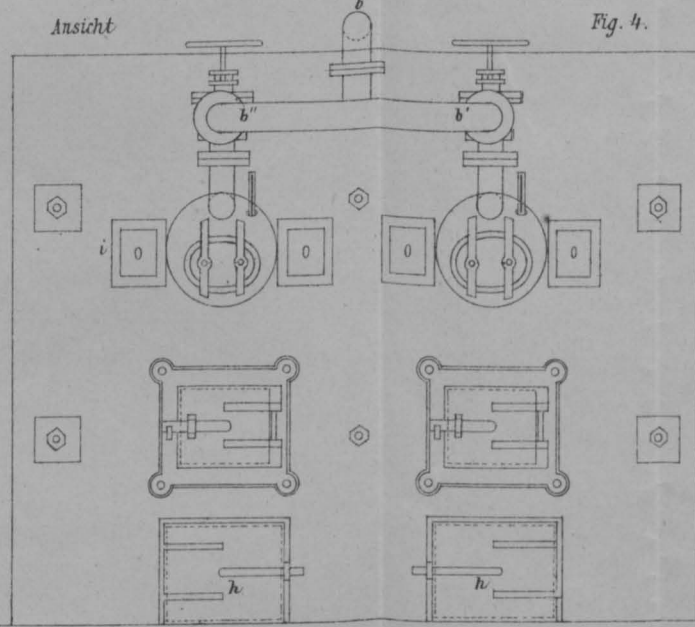
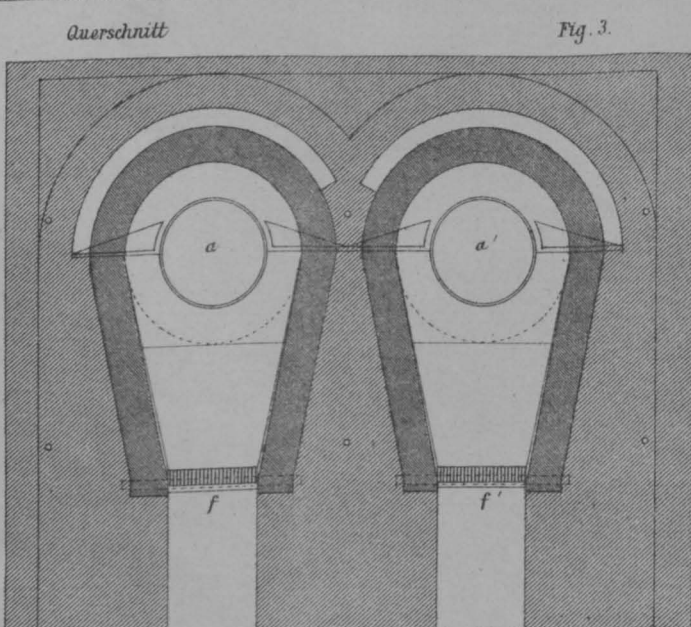
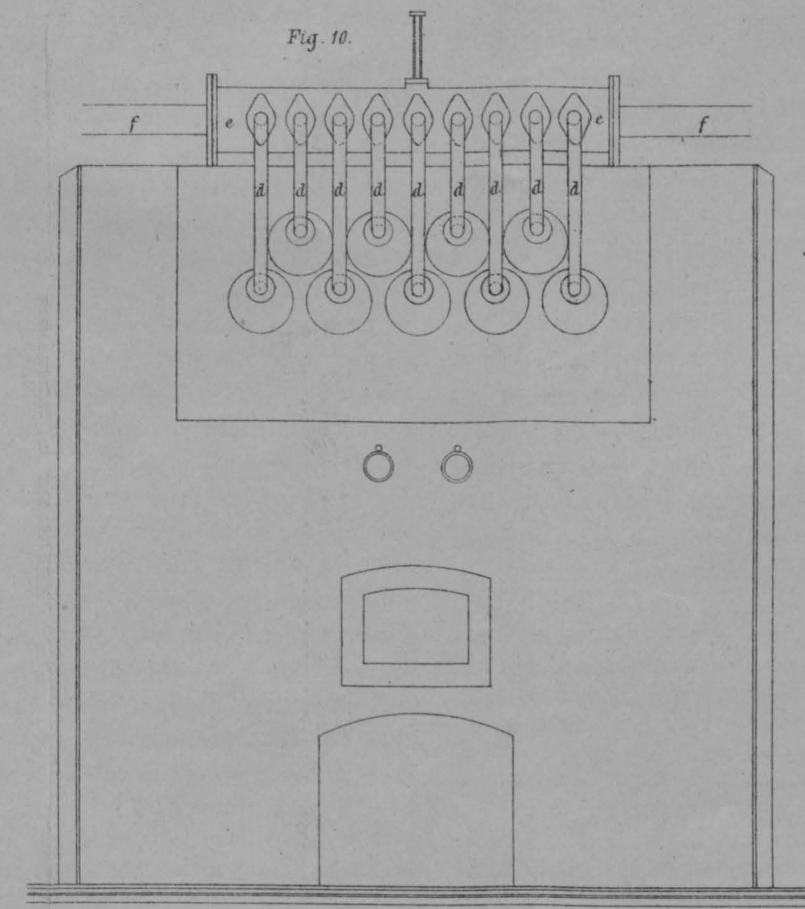
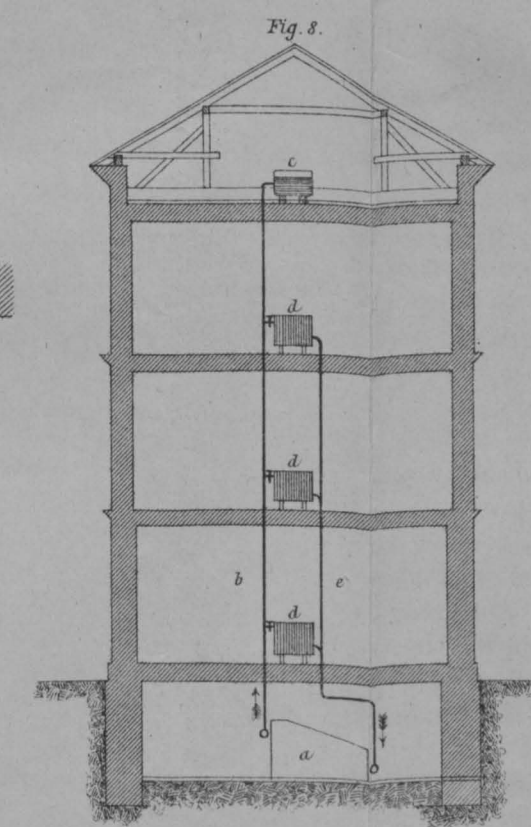
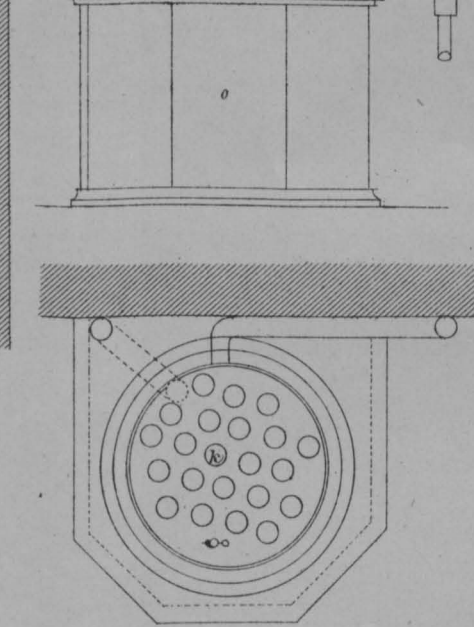
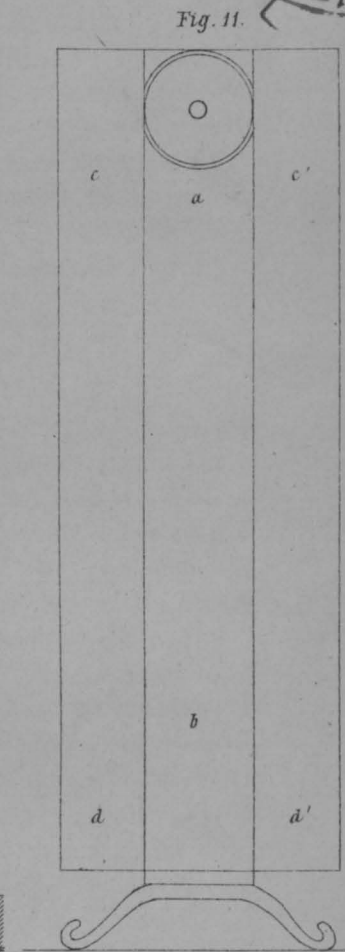
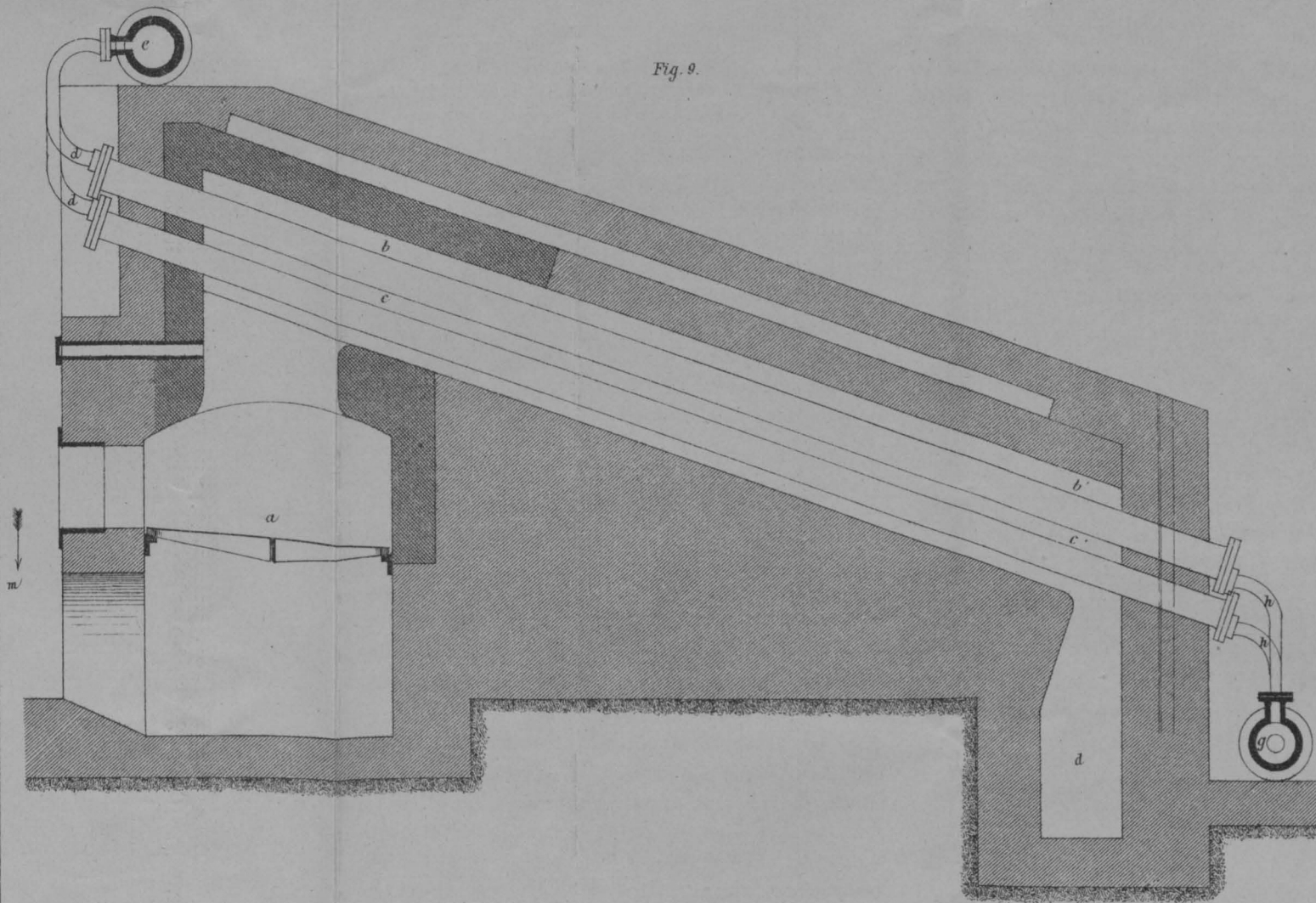
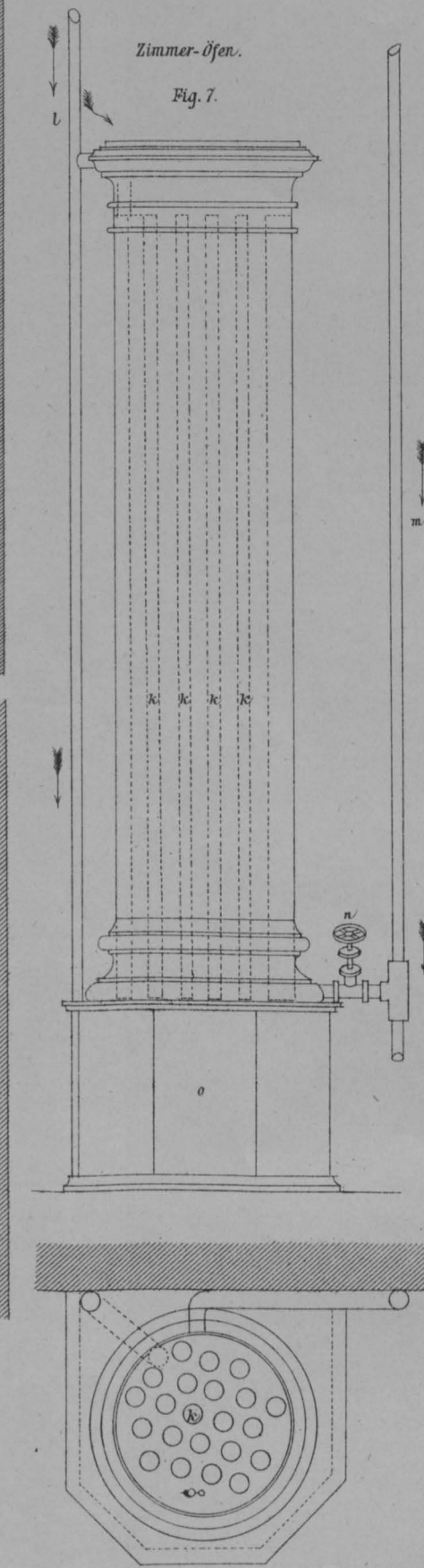
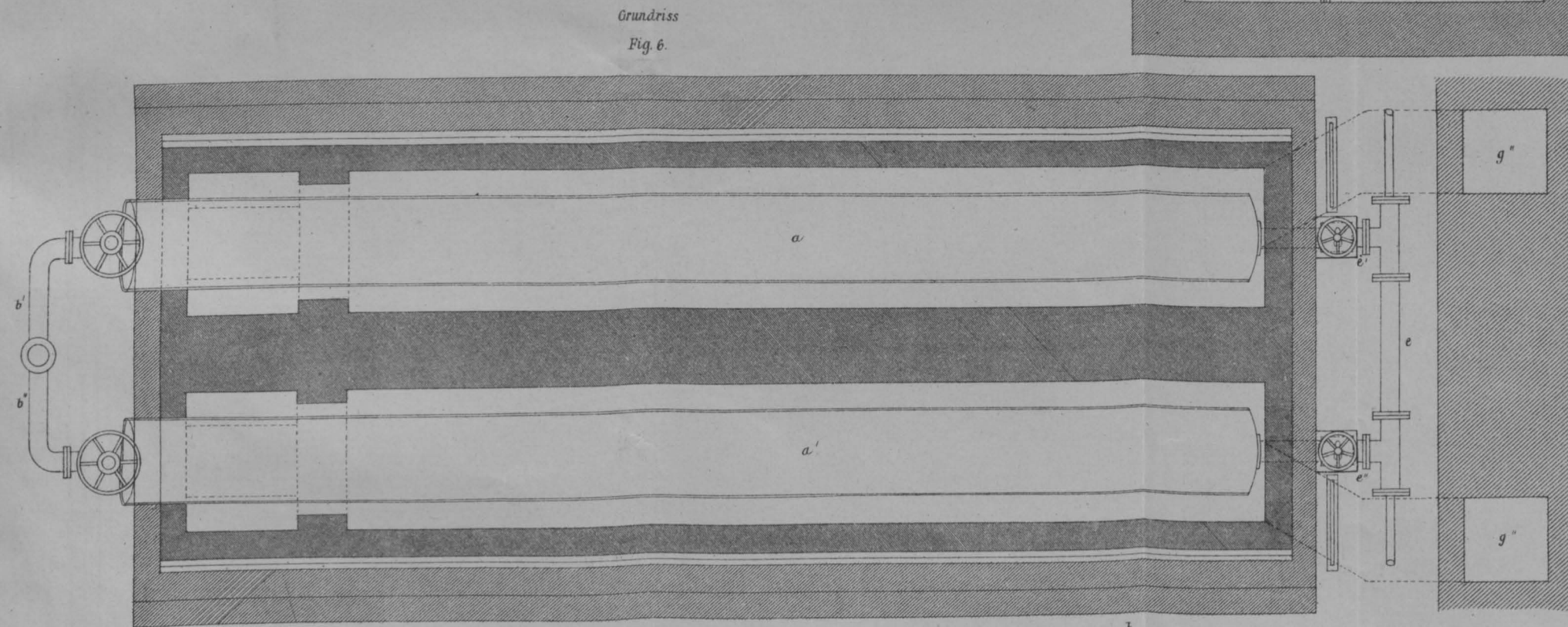
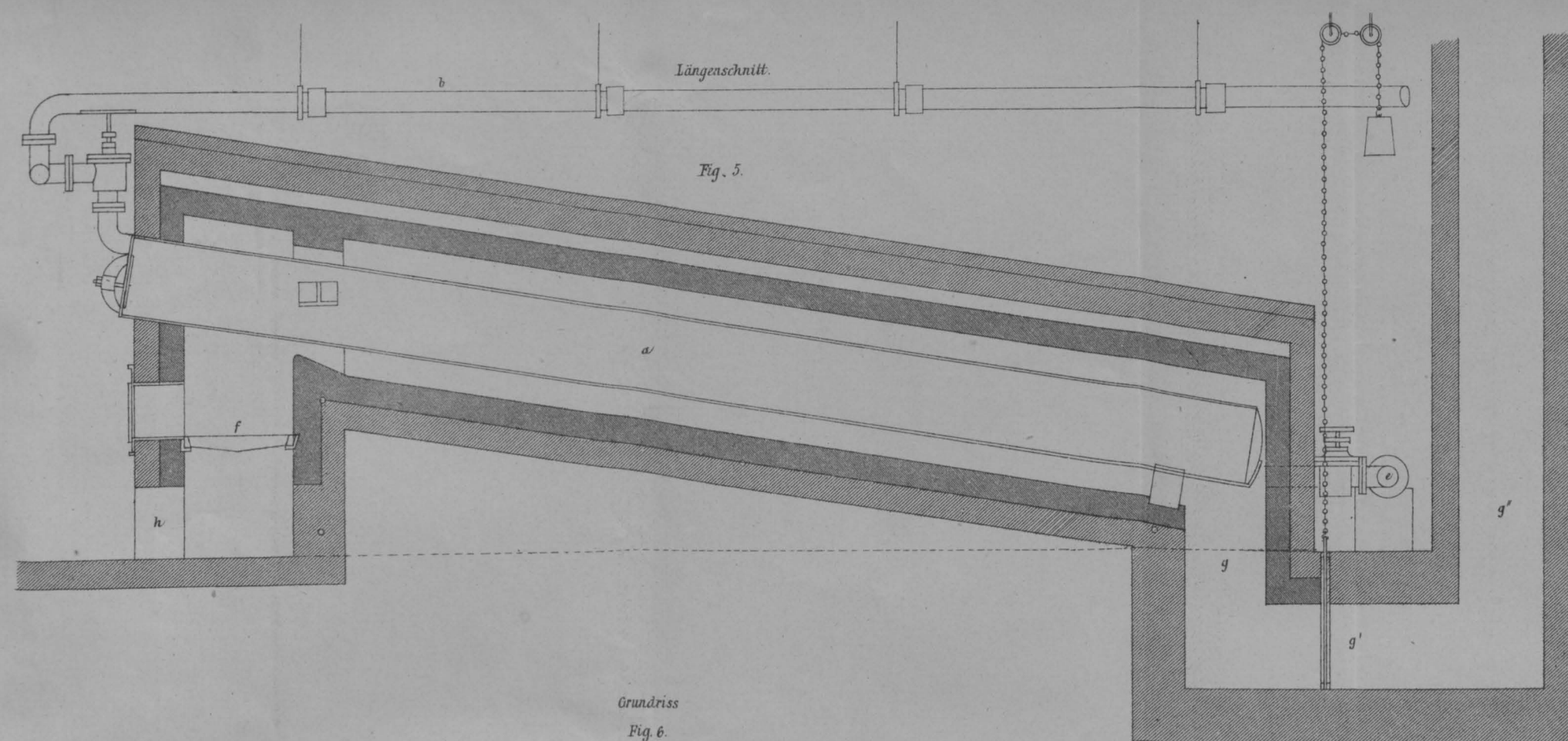
An jedem Kranich arbeiteten zwei Mann. Die Verschiebung fand am 19. August d. J. statt. Nachdem die alte Jochbrücke abgetragen war, was in der Zeit von 4—7 Uhr Morgens geschah und sich zu einem interessanten Schaustücke gestaltete, begann die eigentliche Verschiebung, welche in einem Zeitraume von 11 Minuten ohne jeden Anstand mit der grössten Leichtigkeit vollführt wurde. Die reine Verschiebungszeit per Meter betrug 70 Secunden, welches einer Geschwindigkeit von 14·3^{mm} per Secunde entspricht.

Um 10 Uhr 9 Minuten Vormittags war die Brücke verschoben, versenkt und die Verbindung des Oberbaues mit den anschliessenden Theilen hergestellt.

Noch muss erwähnt werden, dass die Brücken-Construction, damit sie auf den Kugeln aufsitzt, um 3^{cm} gehoben und nach vollzogener Verschiebung um 10^{cm} gesenkt werden musste, weil, wie oben erwähnt, in einem Niveau montirt wurde, welches gegen die definitive Lage um 7^{cm} höher lag.

Diese geringen Höhen der Hebung und Senkung, welche nur bei Anwendung des Kugelsystems zu erreichen sind, bilden einen nicht zu unterschätzenden Vortheil bei Versetzungen von grösseren Brücken nach dieser Art.

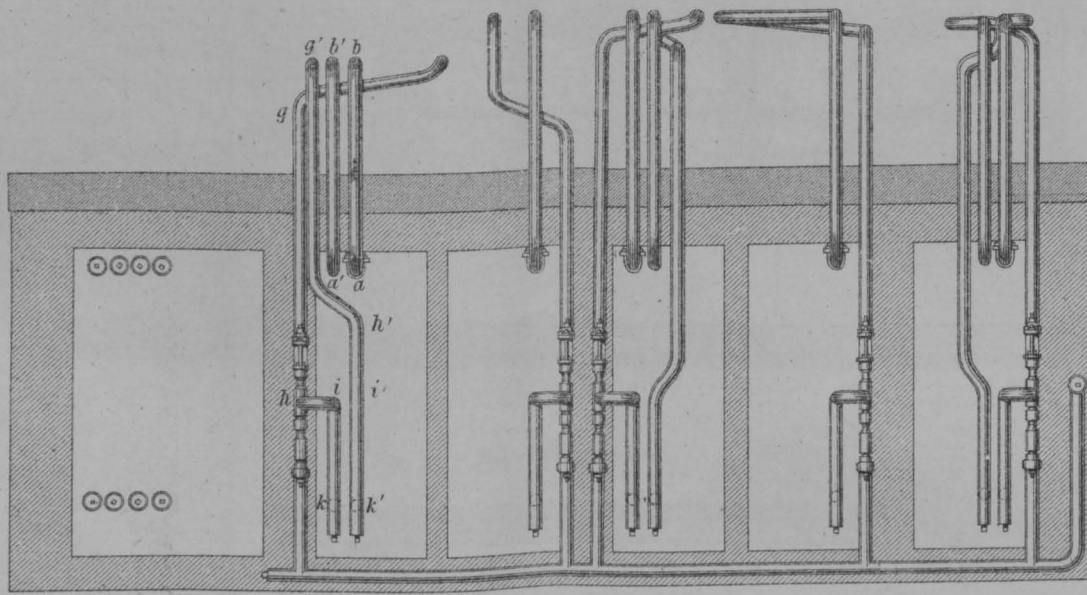
Da das Resultat ein sehr günstiges war, so halte ich es für zweckmässig, die Aufmerksamkeit der hochgeehrten Fachgenossen auf diese Art der Brückenverschiebung unter Anwendung des Kugelsystems von Herrn Ingenieur Weickum zu lenken, welches sich namentlich für Längverschiebungen empfehlen dürfte.



d.

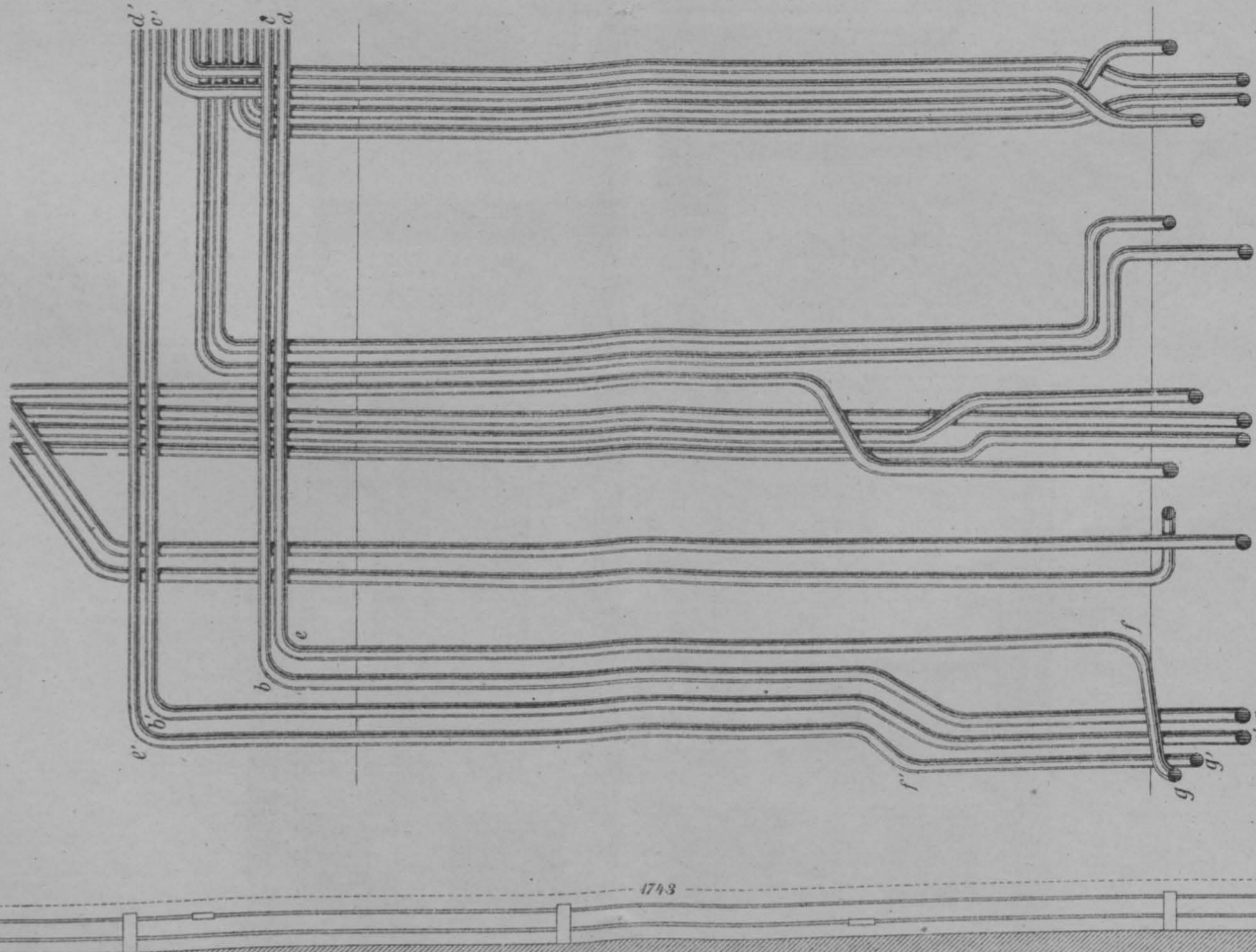
Thüre.

Fig. 14.



cmtr. 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 1 2 mtr.

Fig. 15.



b.

a.

Fig. 18. Querschnitt.

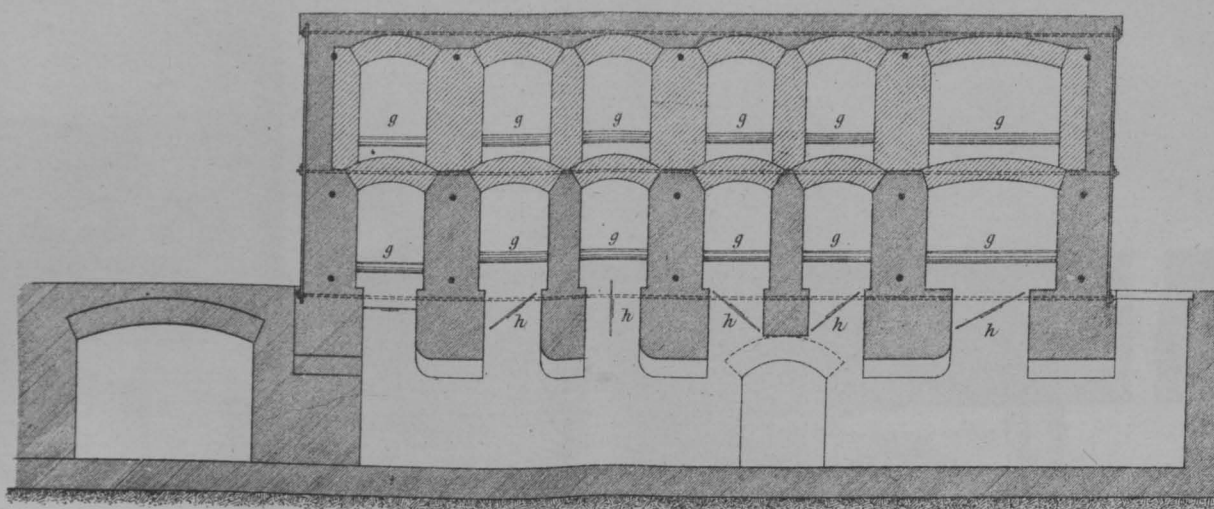


Fig. 19. Längenschnitt.

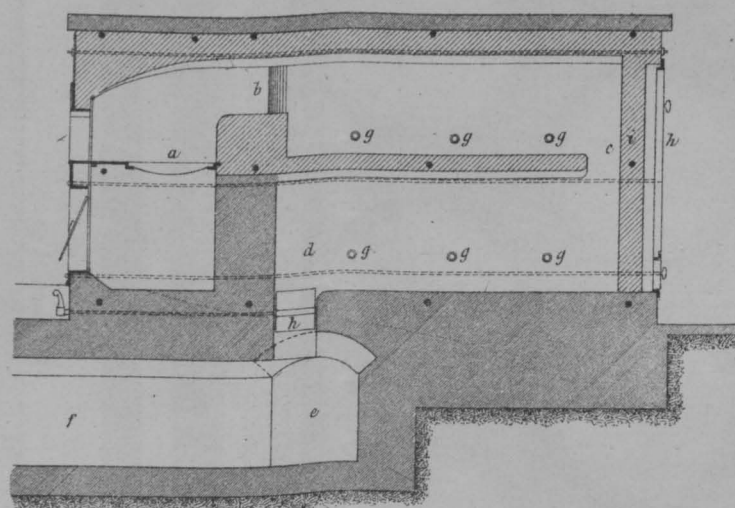
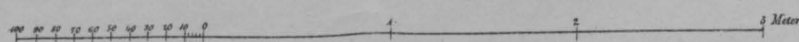
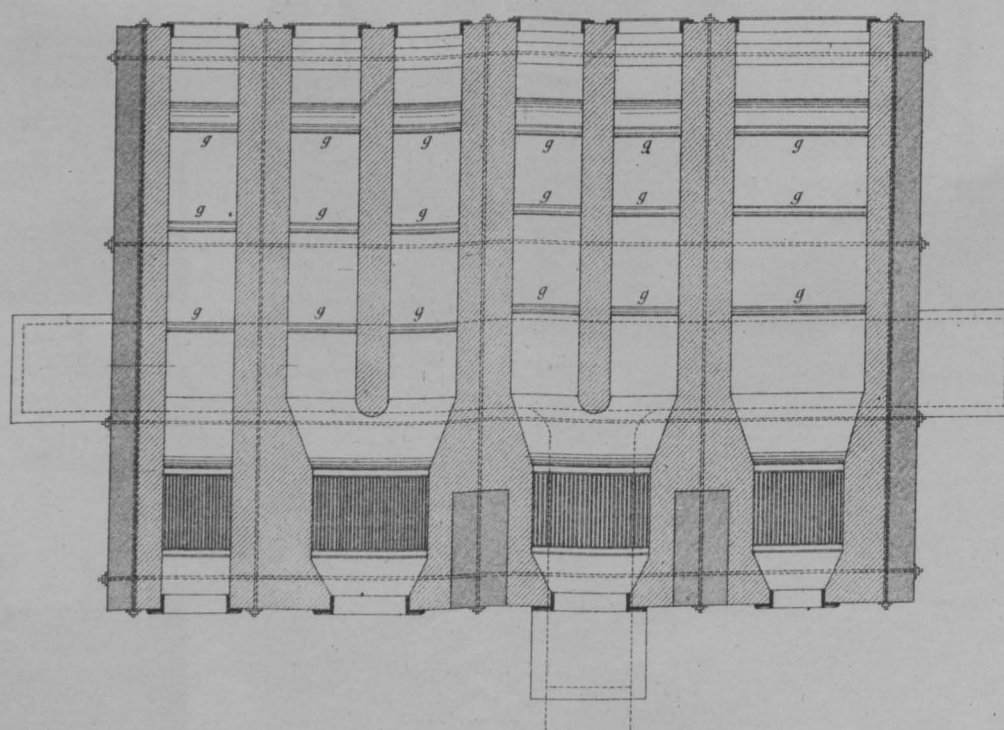


Fig. 20. Grundriss.



für einen Beheizungsraum von 1300 bis 1500 Cb. Met. bei stündlich dreifacher Lüfterneuerung

Fig. 26. Horizontalschnitt A B

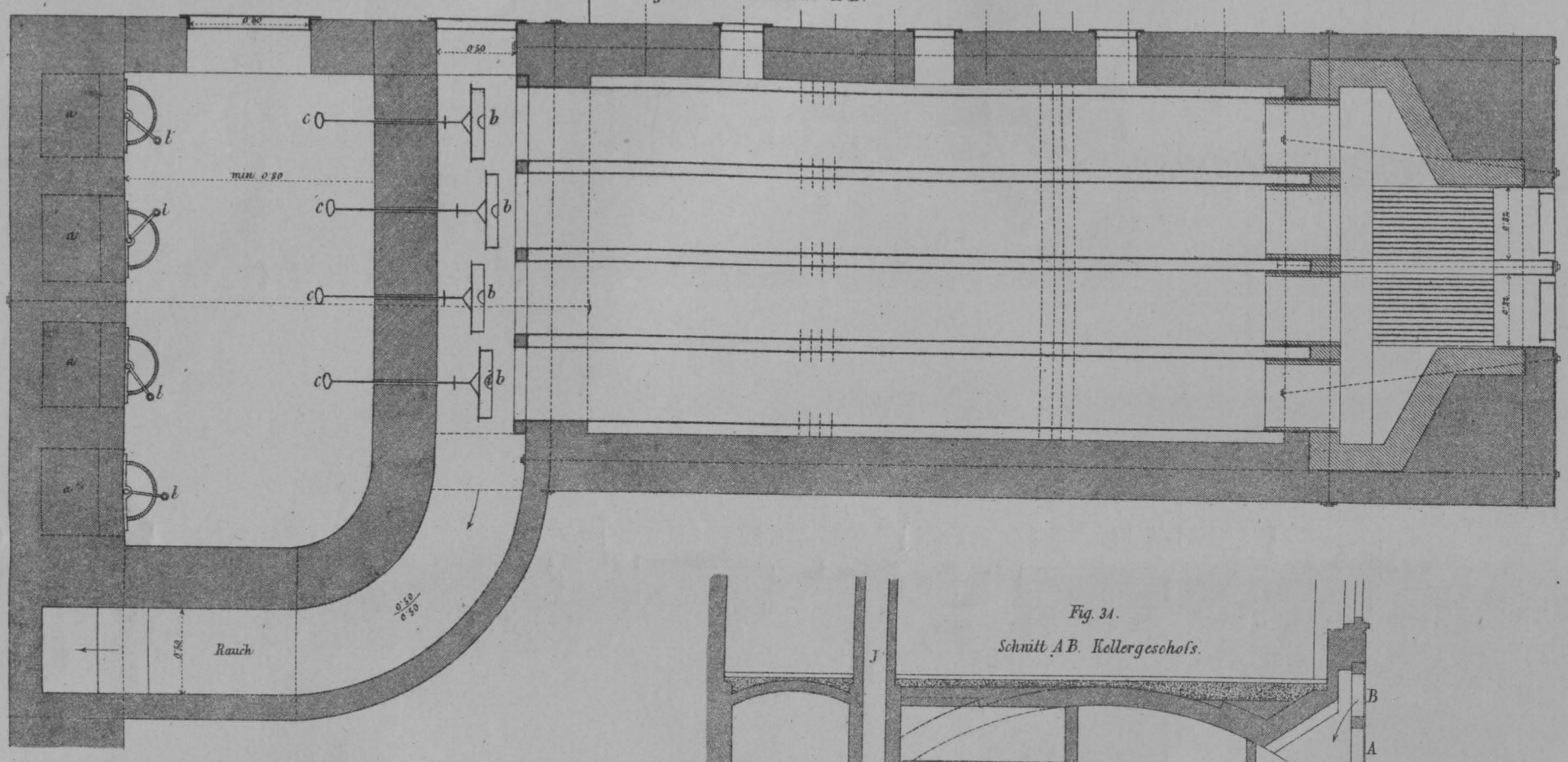


Fig. 34.
Schnitt A B. Kellergeschofs.

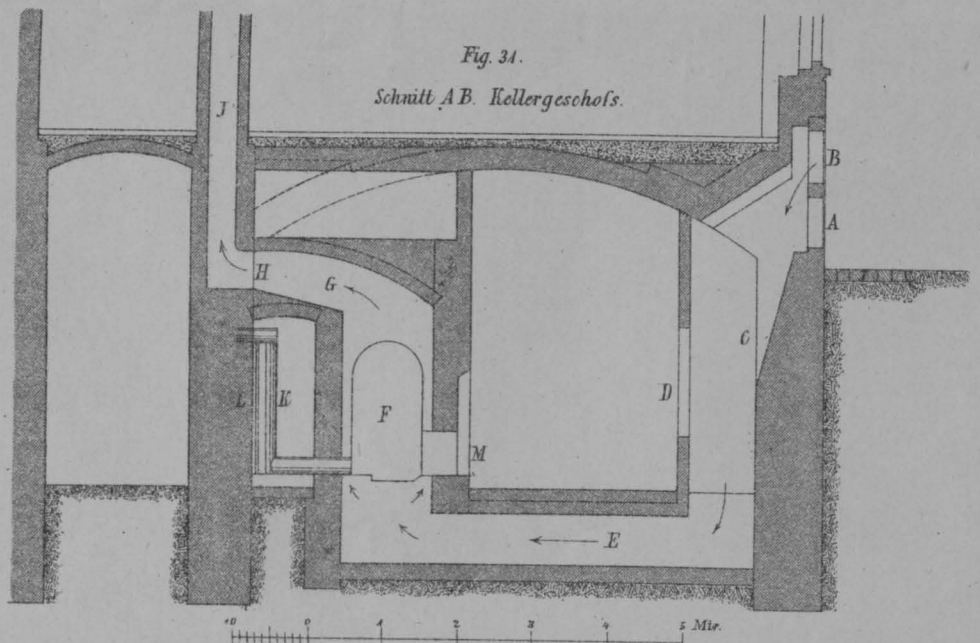


Fig. 25.
Längenschnitt.

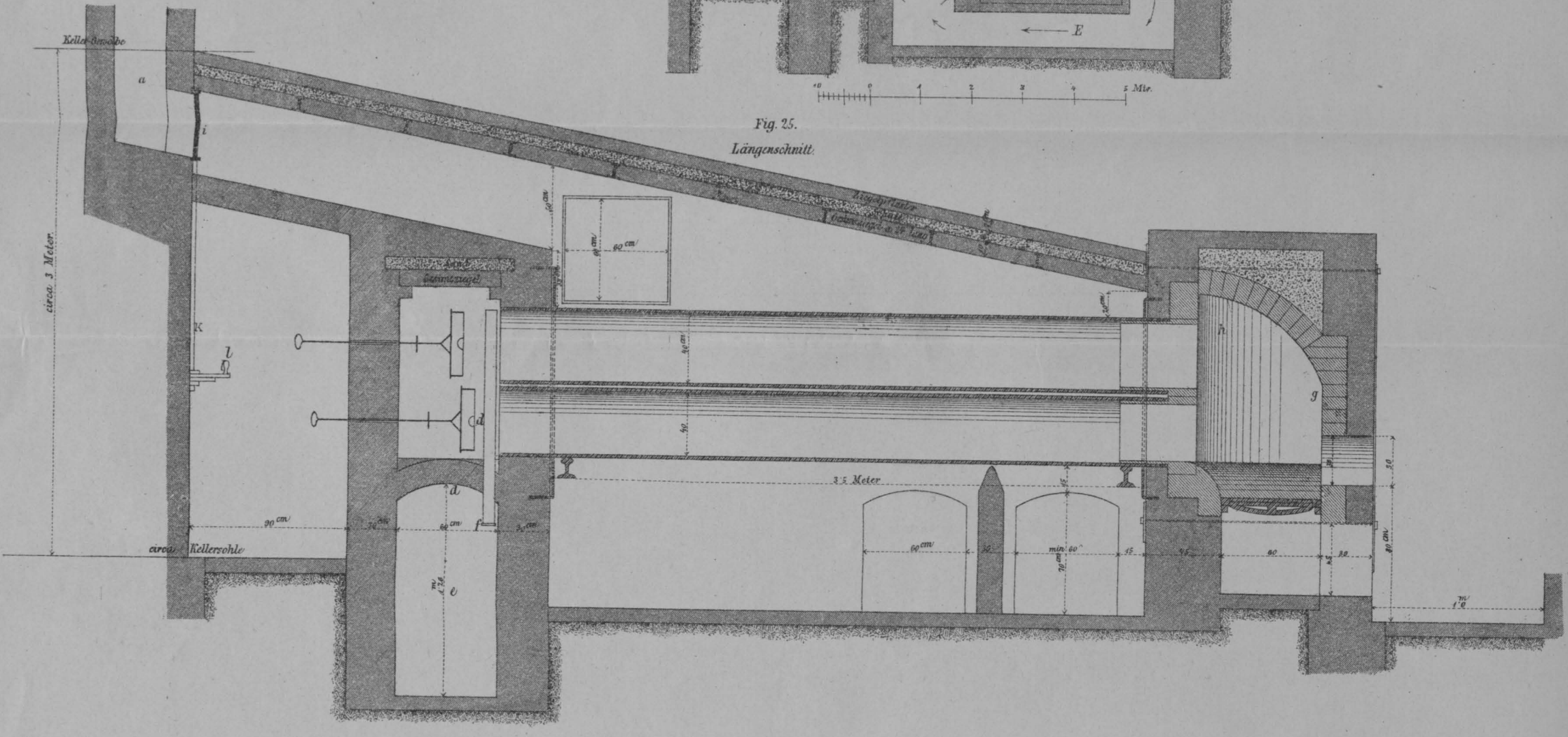


Fig. 27.
Querschnitt C D.

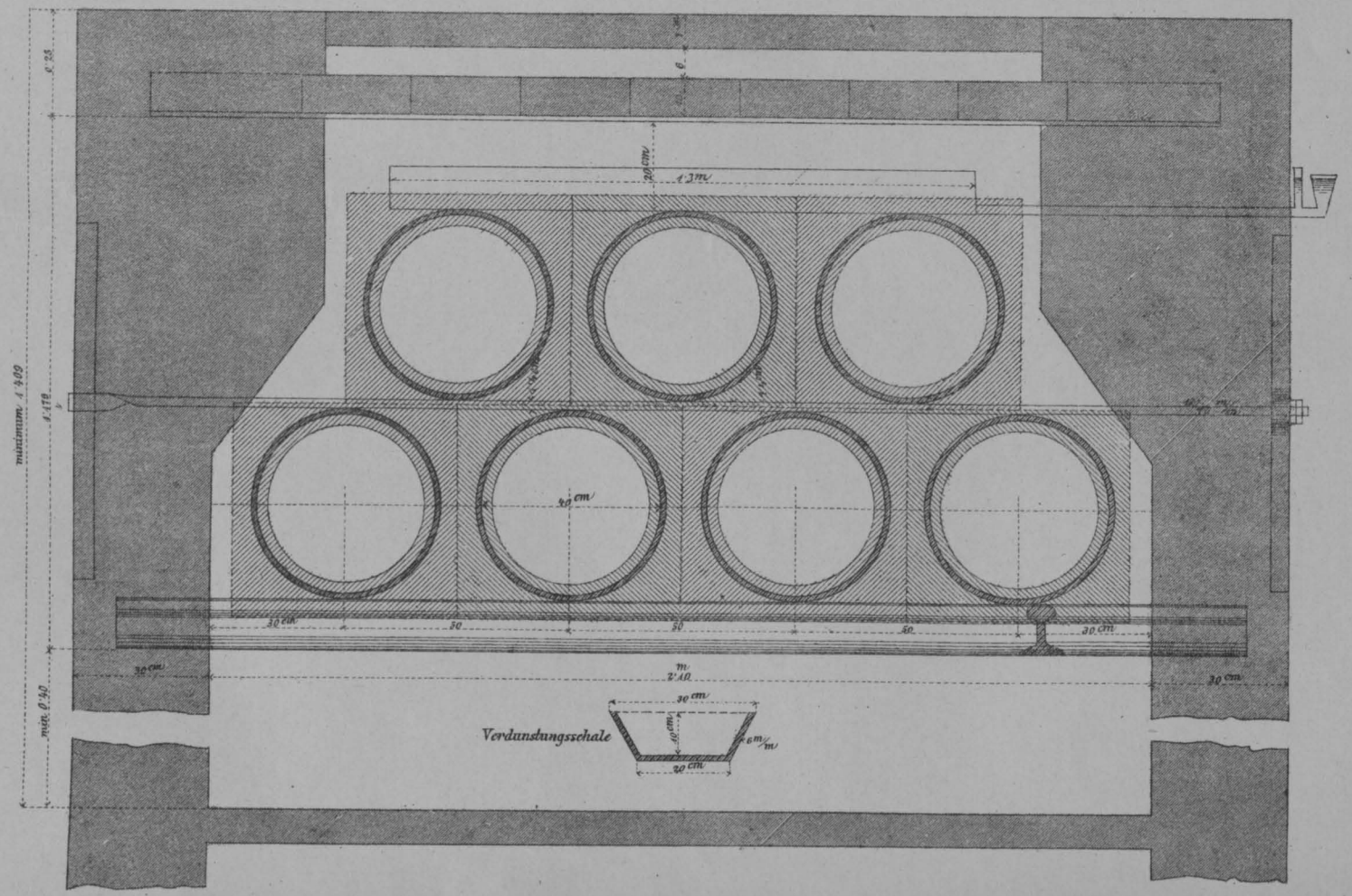


Fig. 28.

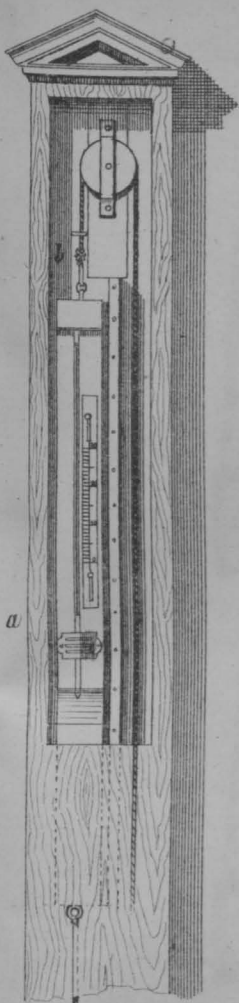


Fig. 30.

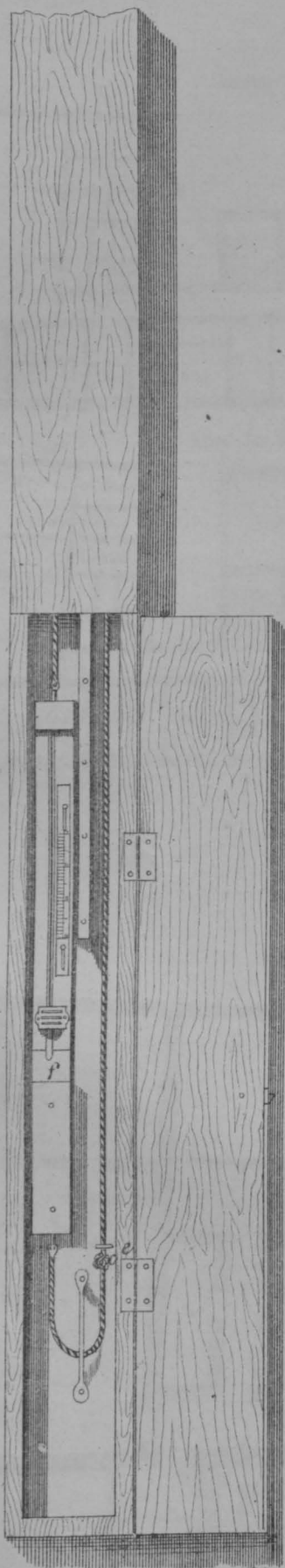


Fig. 31.

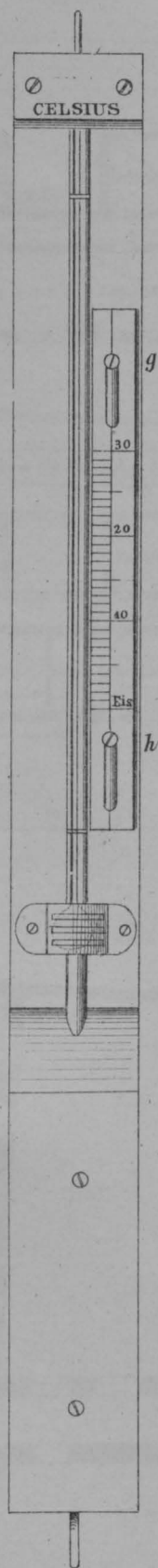


Fig. 29.

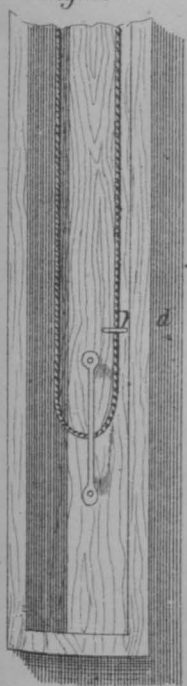


Fig. 23.

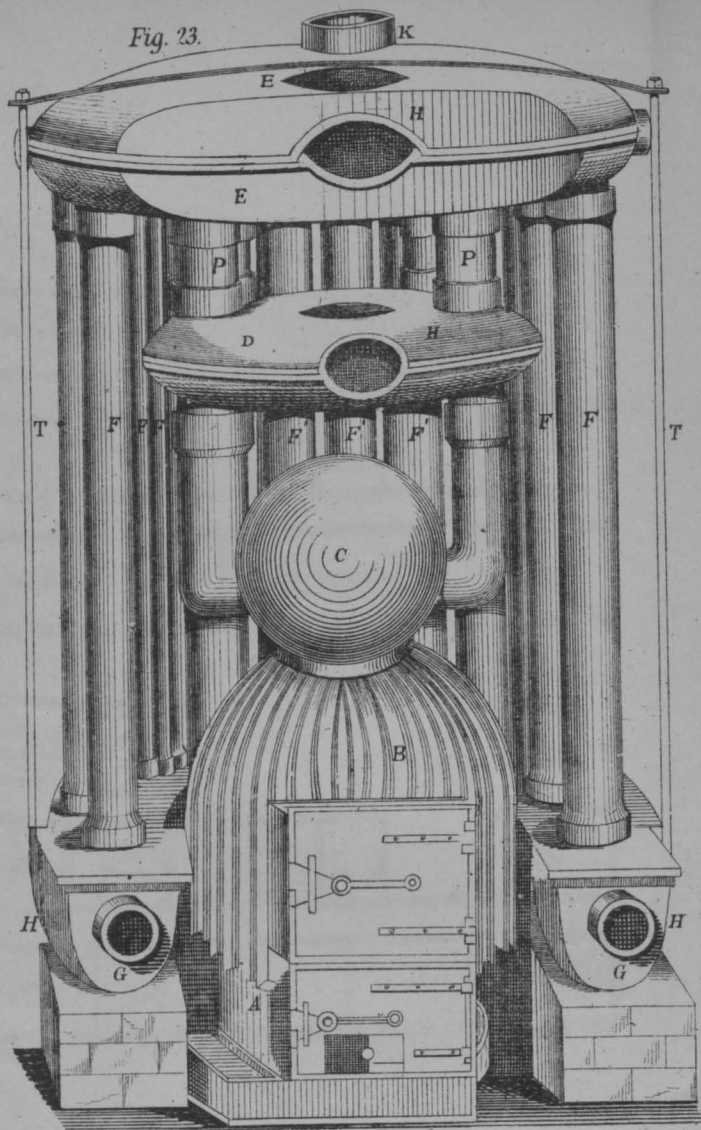
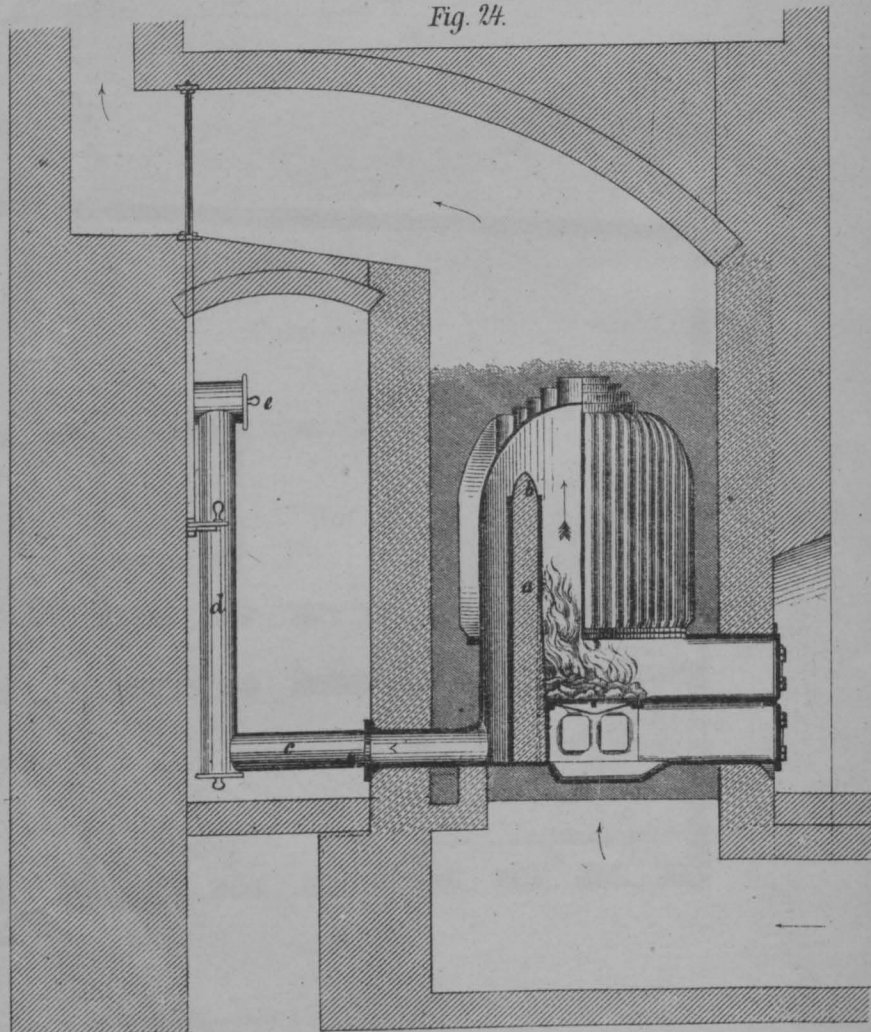


Fig. 24.



Znr Fig. 34.

Fig. 33.

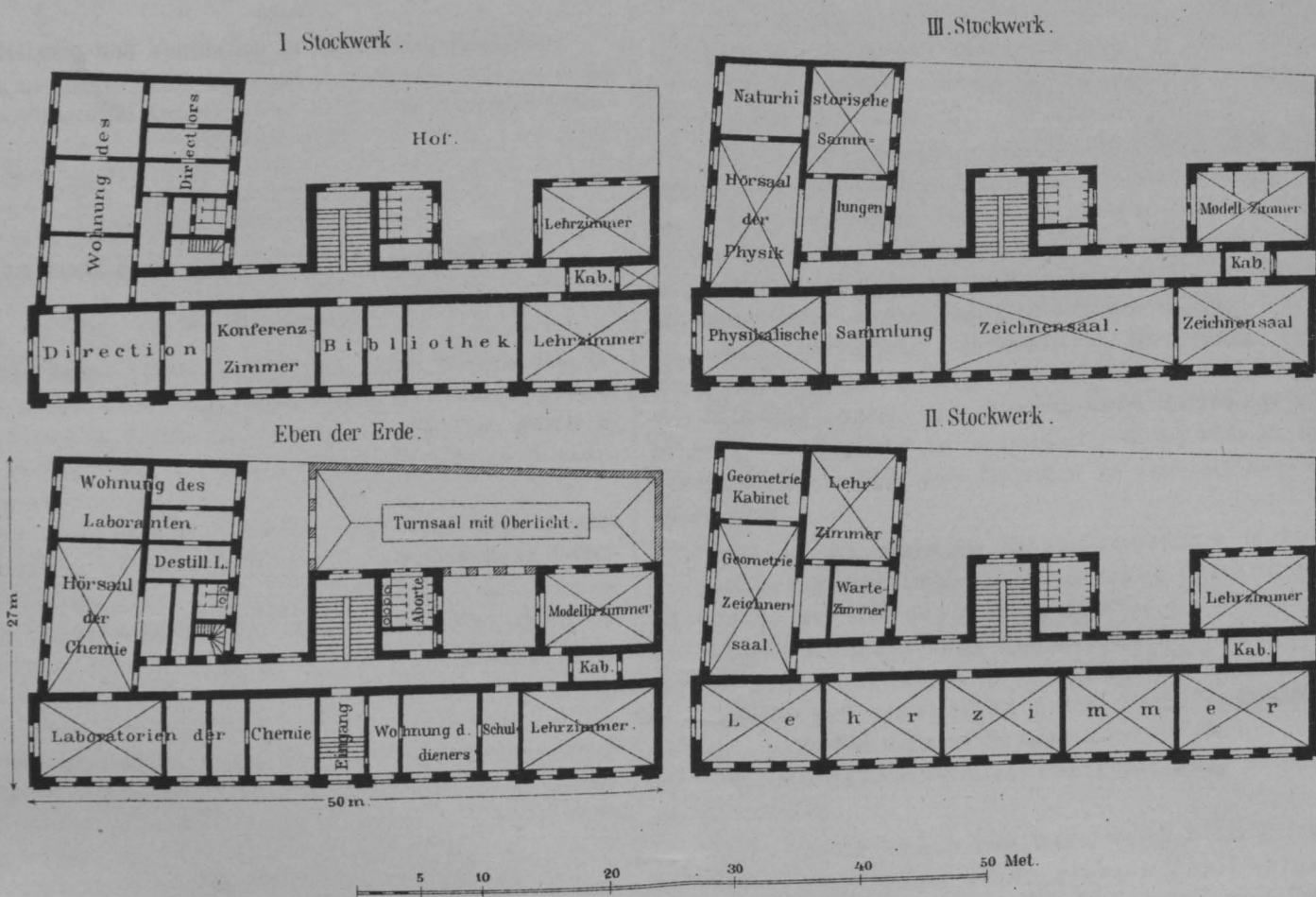
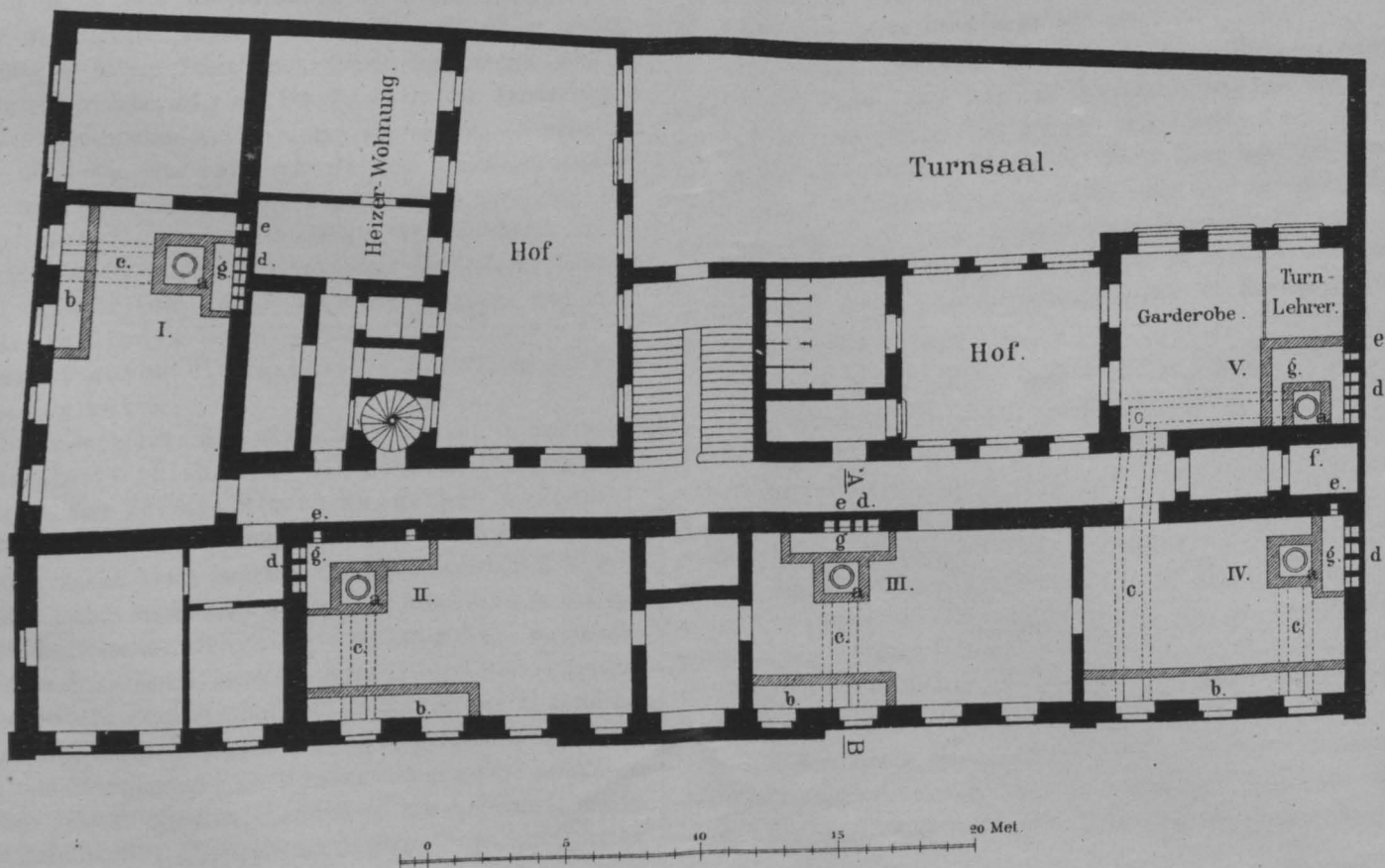
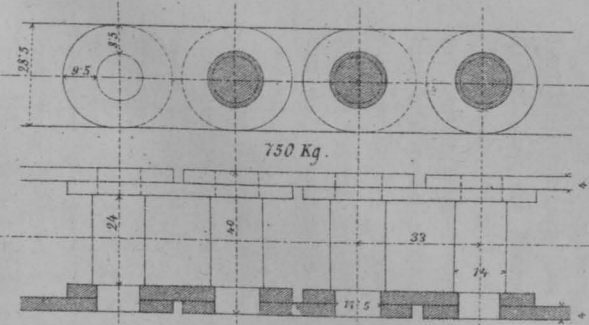
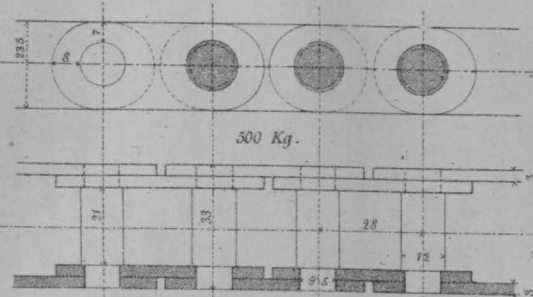
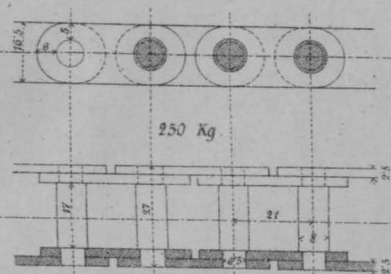
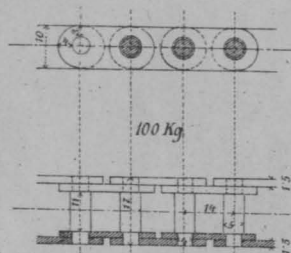


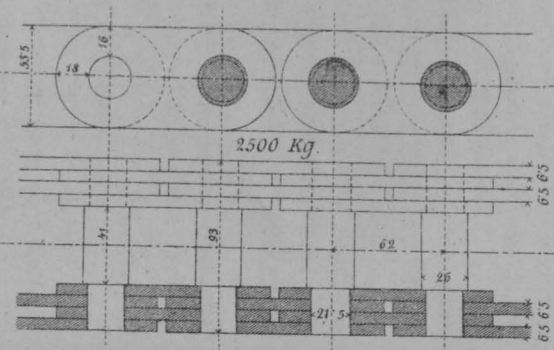
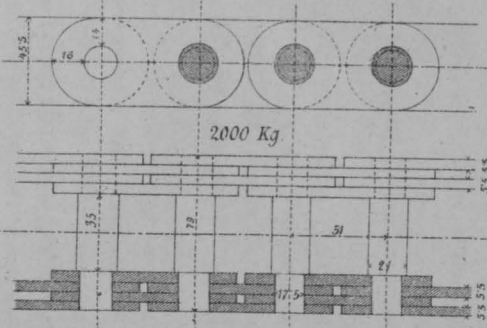
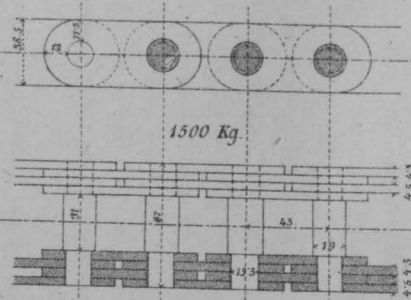
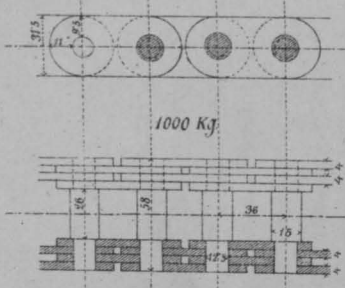
Fig. 32, Keller.



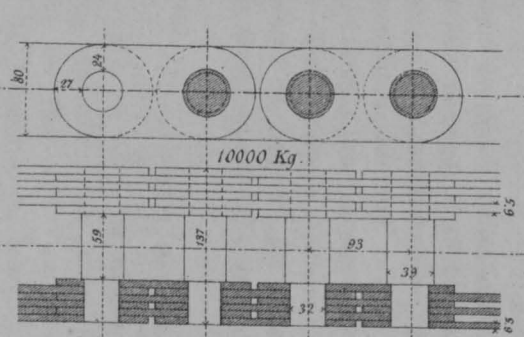
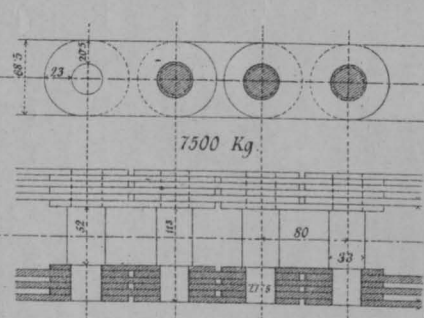
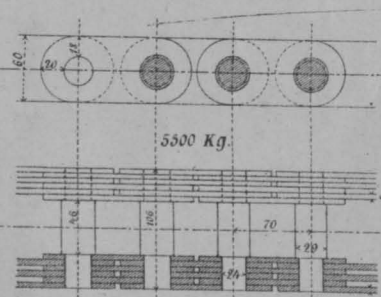
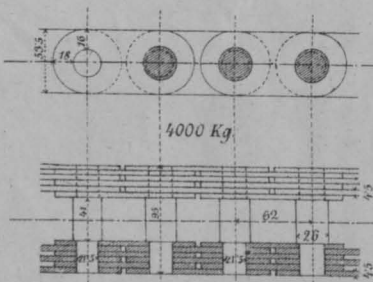
0.5 d. nat. Gr.



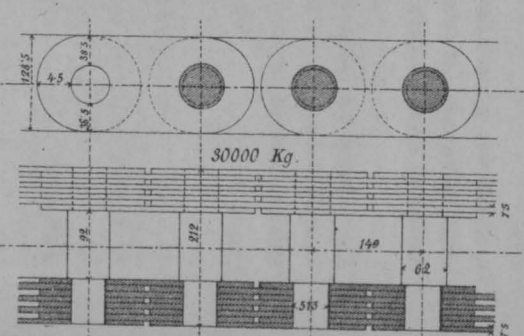
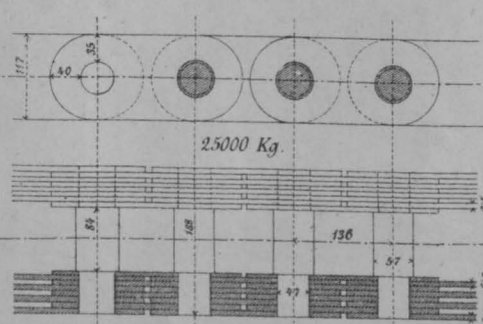
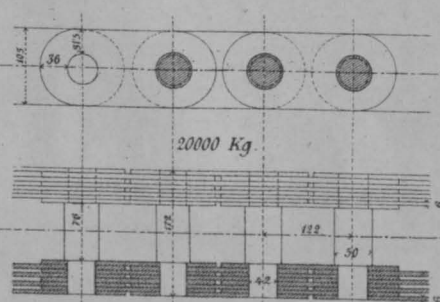
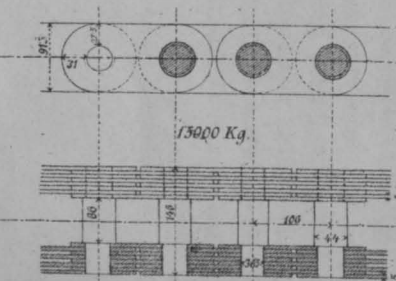
0.25 d. nat. Gr.



0.45 d. nat. Gr.



0.4 d. nat. Gr.



mit Anwendung des Weickum'schen Kugel-Systems.

Fig. 1. Ansicht

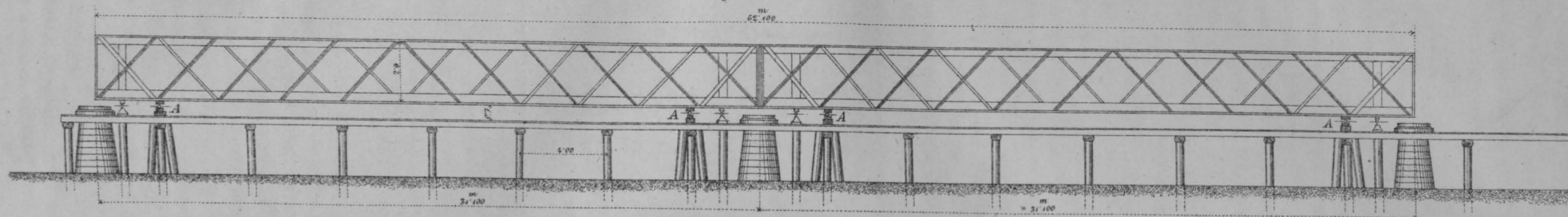


Fig. 2. Draufsicht.

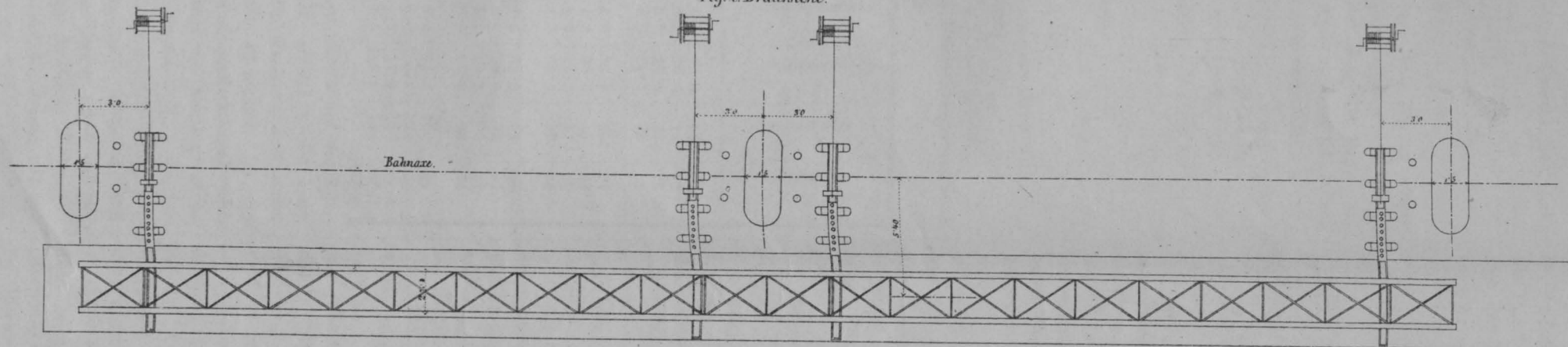


Fig. 3. Querschnitt mit Verschiebungs-Gerüste.

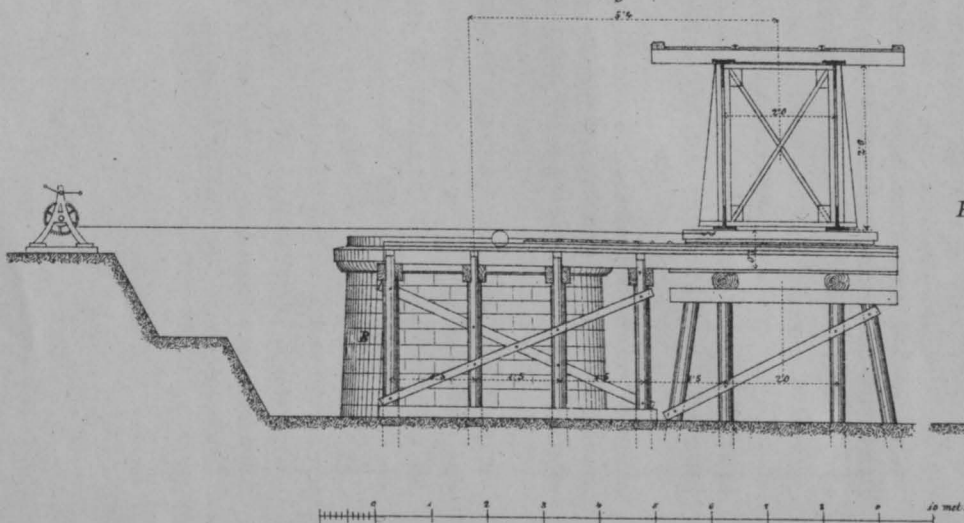


Fig. 4. Bock bei B.

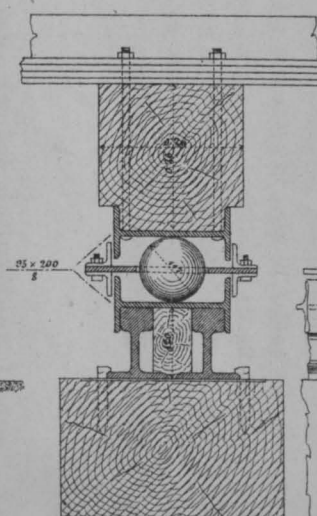


Fig. 5. Details bei A.

